Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais (DEMM)

Melhoria de processos através do programa World Class Manufacturing: o caso de uma empresa da indústria automóvel

Mestrado Integrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais

Cristiana Gabriel

Dissertação orientada por:

Professora Laura Ribeiro (FEUP)

Engenheiro Paulo Nunes (Funfrap)

Agradecimentos

Este trabalho marcou a minha vida, não só pelo conhecimento adquirido na área da qualidade, mas também pela aprendizagem pessoal obtida na Funfrap. Começo por agradecer à Professora Laura Ribeiro pela persistência em conseguir bons estágios para os alunos do Mestrado Integrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais e por ser uma excelente orientadora, ao Dr. Idálio por me ter dado esta oportunidade de fazer a minha dissertação em ambiente empresarial, ao Eng. Paulo Nunes e ao Coordenador WCM Arnaud Wilczak por acompanharem o meu trabalho.

Ao longo desta jornada conheci pessoas fantásticas que nunca esquecerei, nomeadamente a Dona Ana Bastos e a Dona Anabela Moreira sem as quais não teria realizado este estágio por falta de transporte e, acima de tudo, quero agradecer pela boa disposição diária, pelos momentos de alegria e descontração e também por me apoiarem em momentos menos bons.

Quero agradecer ao Eng. Pedro Rocha e ao Eng. Rui Teixeira pelo incansável apoio que me deram e pelas boleias à sexta-feira para o Porto, ao Eng. Martinho Fernandes, Virgílio Ratola, Luís Saraiva, Eng. João Castro, Eduardo Mortágua, Paulo Silva e Florêncio Lima por me terem recebido tão bem no departamento permitindo que me integrasse da melhor forma possível e pelos momentos de convívio tão divertidos dentro e fora da empresa.

Agradeço ao Sr. Rui Mendes pelo constante acompanhamento e colaboração no meu trabalho, ao Sr. José Matos, Sr. Mário Jorge, Sr. Hélder, Sr. Naia, Sr. Magalhães e Sr. Alfredo por me terem ajudado na realização deste trabalho, explicando-me as tarefas que desempenham com paciência e dedicação.

Em geral quero agradecer a todos os funcionários da Funfrap por me terem recebido bem e por serem prestáveis e atenciosos sempre que solicitados.

Quero agradecer aos meus amigos pelos conselhos e apoio, em especial ao Rui Reis com quem partilhei todos os momentos da minha vida académica.

Agradeço a minha família a força que me deram durante todo o meu percurso universitário, em especial aos meus pais que fizeram tantos esforços para permitir que eu frequentasse a faculdade.

Por último, quero agradecer ao meu pai por todos os dias se levantar as 6 horas da manhã para me levar à estação de comboio para eu ir para o estágio, por todos os dias ao fim da tarde me ir buscar e por toda a motivação que me transmitia apesar do cansaço.

Muito obrigada!

Resumo

Este trabalho foi realizado na empresa Funfrap e focalizou-se em duas áreas do sistema integrado de melhoria *World Class Manufacturing*: estudo e análise do custo da mão-de-obra empregue nas inspeções da qualidade do processo de fabrico e controlo da qualidade na receção da matéria-prima através da implementação da metodologia *8 stages of incoming material*. Esta metodologia visa a redução de custos das inspeções realizadas aos produtos/matérias-primas adquiridas pela empresa, através de um trabalho conjunto com os fornecedores, de forma a que estes garantam a qualidade dos seus produtos, permitindo reduzir as inspeções na receção das encomendas. Foi possível concluir que a metodologia não se adapta a todo o tipo de matérias-primas e que não discrimina os critérios de avaliação que devem ser usados para classificar os fornecedores. A análise de custos da mão-de-obra das inspeções da qualidade é fundamental para a empresa conhecer o custo associado às atividades que não acrescentam valor ao produto e, por outro lado, permite identificar as inspeções mais dispendiosas e as melhorias podem ser feitas. Concluiu-se que o setor mais dispendioso é o dos acabamentos o que mostra que a empresa pode melhorar o controlo do processo de fabrico permitindo reduzir as inspeções ao produto final.

Abstract

This work was developed in the company Funfrap and did focused on two areas of the World Class Manufacturing (WCM): first, the study and analysis of the hand labor cost employed in quality inspections of the manufacturing process, and second, the quality control in the reception of raw materials through the implementation of the 8 stages of incoming material methodology. This methodology aims to reduce the inspection costs of the products / raw materials acquired, through a joint work with suppliers to guarantee the quality of their product. It was concluded that the methodology is not suitable for all kinds of raw materials and does not discriminate the evaluation criteria that should be used to classify the suppliers. The analysis of the hand labor cost used in quality inspections is essential for the company to know the costs associated to non value added activities and, moreover, allows the recognition of the most expensive inspections and the improvements that can be made. It was concluded that the most expensive sector is the finishings area, which shows that Funfrap can improve in the manufacturing process control, reducing the final product inspections.

Índice

1. Introdução

1.1. Enquadramento

As empresas interessam-se cada vez mais por processos e ferramentas de melhoria contínua com o objetivo de tornar os seus processos produtivos mais capazes de forma a alcançar os melhores resultados (produtos com elevada qualidade) ao menor custo e consequentemente tornarem-se mais competitivas. A Funfrap é uma fundição do grupo Teksid que produz peças para a indústria automóvel (blocos de motores, cárteres chapéus, caixas de diferencial, cambotas, árvores de equilibragem, entre outras), nomeadamente para a Fiat, General Motors, Renault e Garrett. Devido às exigências deste tipo de indústria, a Funfrap decidiu implementar a metodologia *World Class Manufacturing* (WCM) em 2010, com o objetivo de se tornar mais competitiva no mercado.

1.2. Objetivos

O trabalho de dissertação realizado contribuiu para a implementação do WCM na empresa, mais propriamente, na área da qualidade, através da implementação da metodologia *8 stages of incoming material* e da análise de custos das inspeções da qualidade relativamente aos quatro componentes mais produzidos.

1.3. Estrutura da dissertação

Este trabalho está organizado em cinco capítulos. Neste primeiro capítulo é descrito o enquadramento e objetivos do trabalho. No capítulo 2 é abordada a metodologia *World Class Manufacturing*, incluindo a sua definição, evolução, dificuldades sentidas na implementação e vantagens conseguidas por diversas empresas. No capítulo 3 são apresentados os sete passos para a implementação do pilar da qualidade e a metodologia *8 stages of incoming material*. No capítulo 4 apresenta-se o trabalho prático realizado na Funfrap, assim como os resultados obtidos e sugestões de melhoria. No capítulo 5 são apresentadas as conclusões e por fim, são apresentadas as referências bibliográficas.

2. O sistema de gestão de melhoria integrado WCM (*World Class Manufacturing*)

A competitividade mundial tem provocado mudanças em todo o tipo de indústrias, incluindo as indústrias transformadoras. Consequentemente um dos principais objetivos das organizações é produzir com elevada qualidade ao menor custo possível, ganhando prestígio através do aumento da produtividade e da eficiência e eficácia dos processos produtivos (De Felice 2013). A inovação também tem sido uma aposta das empresas, no entanto, uma vertente que tem ganho cada vez mais adeptos, é a implementação de projetos de melhoria contínua, que permitem a identificação e eliminação de desperdícios nas organizações, e consequentemente aumentar a margem de lucro, possibilitando a prática preços mais baixos de forma a dar resposta às exigências do mercado e à competitividade global (De Felice 2013; Miranda 2014). A metodologia de melhoria contínua *World Class Manufacturing* tem-se destacado pelo facto das empresas que a adotam serem consideradas as melhores no que diz respeito aos processos de produção, estratégias organizacionais e qualidade dos produtos (De Felice 2013). A implementação do WCM está relacionada com a competitividade, pois permite: reduzir *stocks* e o número de operadores, melhorar a eficiência das pessoas e equipamentos, dar uma resposta rápida às mudanças do mercado, estabelecer boas relações com fornecedores e diminuir o ciclo de produção (Palucha 2012).

2.1. Definição e evolução

O termo *World Class Manufacturing* (WCM) foi introduzido por Hayes e Wheelwright em 1984 para descrever as organizações competitivas a nível mundial, com programas de desenvolvimento dos colaboradores e das suas competências técnicas, equipas de gestão competentes e projetos de melhoria da qualidade, envolvendo todos os funcionários da empresa (Fekete s.d.). Schonberger apresentou uma definição de WCM mais completa: sistema integrado e flexível focado no *Just-in-time* (JIT), na gestão pela qualidade total (TQM), na manutenção produtiva total (TPM) e no envolvimento dos funcionários (figura 1), permitindo atingir a competitividade através da maior qualidade dos produtos (De Felice 2013).

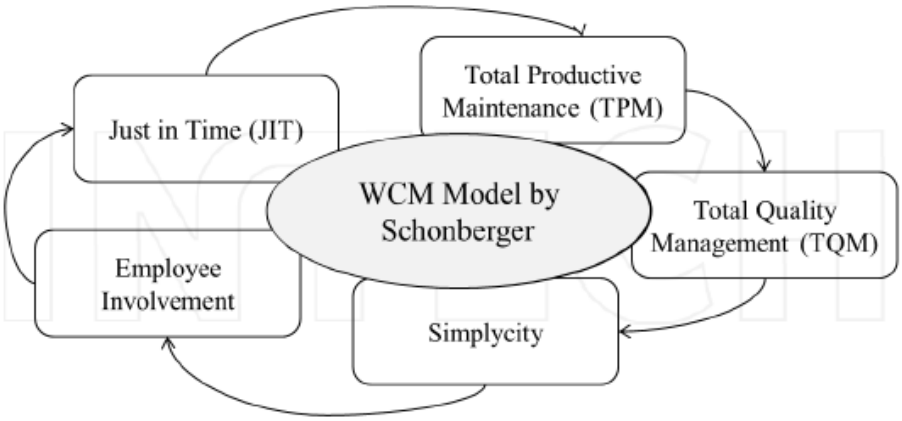

Figura 1 – Modelo WCM segundo Schonberger (De Felice 2013)

Mais tarde, em 2005, foi criado um novo modelo no seio da indústria automóvel, nomeadamente na Fiat Group Automobiles, pelo Yamashina (De Felice 2013). O objetivo deste modelo do WCM é melhorar continuamente o desempenho produtivo, através da eliminação de desperdícios, acidentes, defeitos, paragens de equipamentos e *stocks*, sempre com o envolvimento e motivação de todos os funcionários, de forma a garantir-se a qualidade do produto e maior flexibilidade na resposta aos clientes (figura 2).

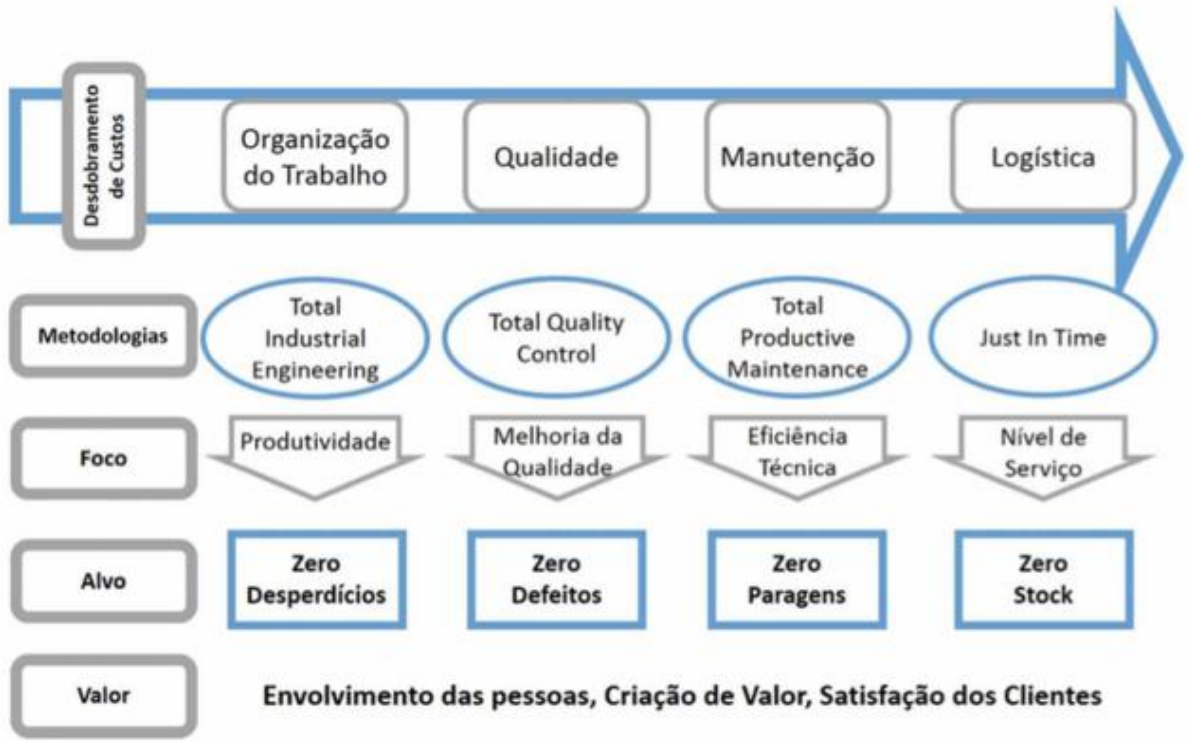

Figura 2 – Filosofia WCM segundo Yamashina (Miranda 2014)

Yamashina refere quatro requisitos básicos para uma empresa alcançar competitividade a nível global: investigação aplicada, tecnologia de produção, capacidade de melhoria, conhecimento detalhado dos processos de fabrico; lançar no mercado novos produtos de forma rápida e eficiente (Yamashina, 2002).

A metodologia WCM é aplicada através da atuação em 20 áreas, designadas pilares, (10 pilares técnicos e 10 pilares de gestão (ver figura 3)) (Miranda 2014).

Figura 3 – Pilares do WCM (Miranda 2014)

Cada pilar técnico centra-se num determinado objetivo (De Felice 2013; Palucha 2012; Gajdzik 2013):

- Segurança e higiene no trabalho: eliminação de acidentes, ou seja, foca-se em prevenir qualquer situação que possa colocar em risco os trabalhadores e em melhorar a ergonomia no posto de trabalho;
- Desdobramento e análise de custos: identificação das principais perdas e, consequentemente, criação de um programa de melhoria para eliminar os desperdícios identificados;
- Melhoria focada na eliminação de desperdícios e custos: redução das perdas do sistema produtivo, identificadas no pilar anterior, e eliminação das atividades que não acrescentam valor;
- Atividades autónomas: tem como foco manter a condição base dos equipamentos e evitar a sua deterioração (manutenção autónoma) e criar uma boa organização do local de trabalho de forma a melhorar a eficiência e consequentemente melhorar o sistema de produção;
- Manutenção profissional: pretende-se aumentar a eficiência dos equipamentos (zero avarias) e para tal é necessário analisar as potenciais causas de falha, sendo fundamental a cooperação dos funcionários com as equipas de manutenção;

- Controlo da qualidade: tem como objetivo melhorar a qualidade dos produtos (zero defeitos);
- Logística e serviço ao cliente: pretende-se criar as condições necessárias para reduzir o *stock* e minimizar as deslocações dentro da fábrica; a principal atividade é o mapeamento do fluxo de valor;
- Gestão preventiva dos equipamentos: tem como objetivo reduzir o tempo de inatividade dos equipamentos e antecipar potenciais problemas em novos projetos com base no histórico dos projetos anteriores;
- Desenvolvimento de pessoas: tem como meta garantir as competências e capacidades necessárias para cada posto de trabalho, através da formação dada aos funcionários;
- Meio ambiente e energia: tem como meta o cumprimento dos requisitos ambientais, melhorar o ambiente de trabalho e reduzir custos e perdas energéticas.

Cada pilar técnico desenvolve-se em sete passos/etapas em que, cada uma contém atividades definidas que têm de ser cumpridas de forma a alcançar a etapa seguinte (Djokic 2013).

O desenvolvimento dos pilares técnicos tem por base os pilares de gestão (tal como apresentado na figura 3):

- Compromisso da gestão de topo
- Clareza de objetivos a atingir
- *Route Map* para WCM
- Alocação de pessoas altamente qualificadas para áreas modelo
- Compromisso da organização
- Competência da organização para a melhoria
- Tempo e orçamento
- Nível de detalhe
- Nível de expansão
- Motivação dos operadores

2.2. Implementação do WCM

Para implementar o WCM, começa-se pelo "Desdobramento e análise de custos" para identificar os problemas e priorizá-los com base nas perdas económicas. Esses problemas são resolvidos através de métodos adequados para eliminar as respetivas causas, sendo indispensável estimar o custo associado à resolução dos problemas (Netland 2013; Djokic 2013). É recomendado definir uma área piloto onde serão aplicados os princípios do WCM. Por exemplo, numa máquina que apresenta o pior desempenho,

determinado através da análise de custos, deve ser considerada uma área piloto e proceder à implementação do pilar "Atividades autónomas" (área da manutenção autónoma) (Netland 2013).

O autor Djokic (Djokic 2013) defende que, após o "Desdobramento e análise de custos", o programa WCM deve seguir os seguintes sete passos:

1. Implementação dos pilares "Segurança e higiene no trabalho" e "Meio ambiente e energia", aspetos fundamentais para o bom funcionamento de uma empresa, responsável pela segurança dos funcionários e impacto na comunidade envolvente;
2. Desenvolvimento das atividades de manutenção de modo a evitar paragens durante a produção;
3. Desenvolvimento do "Controlo da qualidade" do processo produtivo e minimização de desperdícios;
4. Melhoria do desempenho da organização, garantindo o output planeado;
5. Implementação do pilar "Logística e serviço ao cliente", com o objetivo de melhorar a carga logística interna e externa;
6. Sincronização da produção com as vendas tendo como objetivo não depender de *stocks* para dar resposta às necessidades do mercado. Nesta etapa também existe uma forte preocupação com os desperdícios ao longo da linha de produção;
7. Capacidade de resposta às exigências do mercado, ou seja, com os equipamentos a produzir produtos com qualidade, entregas feitas nos prazos estipulados e o ambiente de trabalho seguro e saudável.

Outros autores (Murino T. 2012) propõem metodologias diferentes para implementar o WCM, designadamente, o Modelo *WCM Light Tree* (figura 4). Nesta metodologia, o "Desdobramento e análise de custos" (CD), é considerado relevante para a redução e eliminação de perdas da empresa e requer a participação das principais áreas (produção, manutenção, logística e qualidade). Após se identificarem as perdas, faz-se uma análise 4M (Método, Mão-de-obra, Material e Máquina) para se identificarem as principais causas dos problemas. Esta análise leva à implementação de outros pilares, tais como, "Atividades autónomas" (que se subdivide em duas áreas: WO – "Organização do posto de trabalho" e AM – "Manutenção autónoma") e "Manutenção profissional" (PM) para tratar problemas relacionados com a mão-de-obra e equipamentos, o pilar "Logística e serviço ao cliente" (LCS) para solucionar problemas de materiais e o pilar "Melhoria focada na eliminação de desperdícios e custos" (FI). Este percurso provoca a ativação do pilar "Desenvolvimento de pessoas" (PD), para garantir a formação dos operadores, e do pilar "Segurança e higiene no trabalho" (SAF) que trata da segurança e redução das potenciais

causas de acidentes. O pilar da qualidade (QC) é implementado para garantir a qualidade dos processos e dos produtos (Murino T. 2012).

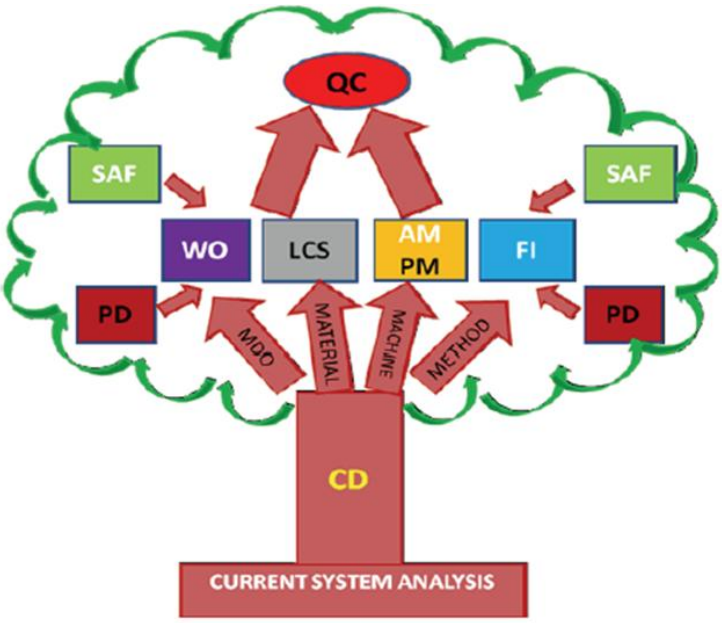

Figura 4 - *WCM Light Tree* (Murino T. 2012)

O WCM é mais do que um conjunto de ferramentas de gestão, é um sistema de gestão empresarial que envolve todos os setores da organização. Para implementar o WCM é fundamental a existência de líderes competentes e compromisso da gestão de topo a longo prazo (Murino T. 2012; Djokic 2013).

2.3. Dificuldades na implementação do WCM

De um modo geral a implementação de metodologias e ferramentas de melhoria é considerado um processo difícil e demorado (Palucha 2012). Yamashina (Yamashina, 2002) enumera várias dificuldades na implementação da manutenção produtiva total (TPM):

- Falta de engenheiros de processo;
- Resistência ou indiferença dos gestores e engenheiros;
- Falta de compromisso por parte da gestão de topo.

Relativamente ao WCM são referidas as seguintes barreiras (Salaheldin 2007; Partyka 2008; Hendry 1998):

- Resistência à mudança;
- Falta de apoio por parte da gestão;
- Falta de conhecimento;
- Falta de acompanhamento adequado;
- Falta de comunicação;
- Falta de motivação e conhecimento por parte dos funcionários;
- Falta de persistência por parte da gestão de topo;

- Implementação demorada;
- Necessidade em envolver toda a organização;
- Mudar a mentalidade dos trabalhadores e a sua atitude quanto ao trabalho (serem participativos e autónomos);
- Não se adapta a todos os tipos de empresa, é o caso das empresas *make-to-order*, ou seja, que produzem produtos com volumes relativamente baixos, sob encomenda.

2.4. Avaliação da implementação do WCM

Para verificar se a empresa possui um desempenho de classe mundial é fundamental medir o seu desempenho. No WCM usam-se dois tipos de indicadores: indicadores de desempenho KPI (*Key Performance Indicator*) e indicadores de atividade KAI (*Key Activity Indicator*). Os indicadores KPI estão relacionados com os resultados obtidos nos projetos de melhoria (benefício/custo), tais como, produtividade, vendas, lucro, desempenho dos equipamentos e qualidade dos produtos. Os indicadores KAI referem-se às ações utilizadas para alcançar os objetivos, por exemplo, número de horas de formação (De Felice 2013).

Para além dos indicadores de avaliação, realizam-se auditorias para avaliar o nível de desenvolvimento atingido pelas organizações. São realizadas por especialistas externos, semestralmente. A pontuação global atingida pode variar entre 0 e 100; sendo cada pilar técnico e de gestão avaliado de 0 a 5 (Borges 2013). Existem três patamares relevantes na avaliação da implementação do WCM (Mindor 2012):

- Medalha de bronze para as empresas com pontuação igual ou superior a 50;
- Medalha de prata para as empresas com pontuação igual ou superior a 65;
- Medalha de ouro para as empresas com pontuação igual ou superior a 80.

Para alcançar a medalha de ouro é necessário reduzir os custos entre 40 a 60 %, reduzir dez vezes os problemas da qualidade do produto e quatro vezes o tempo de entrega. Estes dados mostram o nível de exigência e excelência do WCM (Mindor 2012).

2.5. Aplicação do WCM na indústria automóvel

Nesta secção são apresentados casos de estudo que mostram as melhorias conseguidas através da implementação do programa WCM na indústria automóvel.

2.5.1. Caso 1

A Fiat Group Automobiles é uma empresa com atividade na conceção, fabrico e venda de automóveis. Com a implementação do WCM, através do desdobramento e análise de custos identificaram o principal problema, que consistia na existência de atividades sem valor acrescentado. Determinaram as atividades fabris em que o problema era mais elevado de forma a priorizar as ações a implementar. Havia zonas fabris em que as

atividades sem valor acrescentado variavam entre 30 e 95 %.O estudo do fluxo produtivo levou à criação de um novo sistema de alimentação da linha de produção. O fluxo logístico melhorou e reduziram o número de operadores necessários (1 operador em vez de 4). A empresa conseguiu melhorar a produtividade em 75 %, a ergonomia em 85 % e otimizaram o fluxo logístico (De Felice 2013).

O Grupo Fiat tem apostado em estender o programa WCM aos seus fornecedores, começando pela formação (durante 6 meses). Os resultados são bastante interessantes: reduziram as movimentações (em 54 %), a área de produção (em 30 %); o *stock* em curso (em 65 %); a produtividade aumentou 33 % (Slavov 2013).

2.5.2. Caso 2

Num fabricante de peças para a indústria automóvel foi implementado os 5S para organizar do local de trabalho no âmbito do programa WCM. Os operadores receberam formação específica sobre o posto de trabalho. Conseguiu-se uma redução de 75 % na sucata devido a má manipulação de peças. Outra melhoria alcançada foi a motivação dos trabalhadores. Estes têm mostrado mais interesse pelo local de trabalho, sendo eles próprios a fazerem a manutenção do posto de trabalho (Fekete s.d.).

2.5.3. Caso 3

Este caso de estudo descreve as quatro primeiras etapas para implementar o pilar da qualidade numa empresa da indústria automóvel. O principal problema de qualidade (com maior custo) consistia na formação de cristais de crómio no banho de cromagem eletrolítico. Começaram pela aplicação dos 5S, resultando na eliminação de, aproximadamente, 2 toneladas de material sem interesse (figura 5) (Borges 2013).

Figura 5 - Área da cromagem, antes e depois da implementação do WCM (Borges 2013)

Através das ferramentas 5W1H e 4M, caracterizaram o problema e identificaram as causas raízes. Com o FMEA (análise dos modos de falha e efeitos) classificaram as causas quanto à gravidade e frequência e elaboraram um plano de ações. No fim do primeiro mês, verificou-se uma redução de 50 % dos defeitos. Após dois meses do início da

implementação do WCM, a empresa reduziu para zero o refugo interno originado pelo problema descrito (figura 6Figura 6) (Borges 2013).

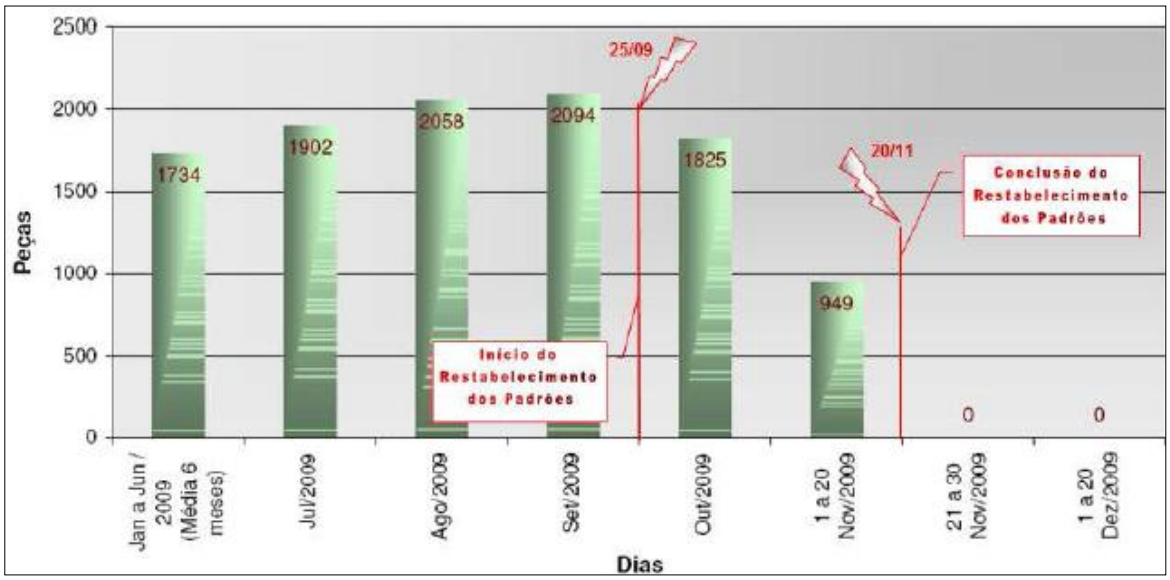

Figura 6 - Refugo de peças originadas na etapa de cromagem (Borges 2013)

Apesar dos resultados alcançados, o autor refere que a implementação do WCM ocorre de forma lenta devido à falta de conhecimento sobre a metodologia e à necessidade de envolver toda a equipa de trabalho (Borges 2013).

2.5.4. Caso 4

Neste caso, uma empresa produtora de peças para a indústria automóvel, adotou o WCM para diminuir o preço de venda dos seus produtos, e assim, fazer frente aos seus concorrentes. A empresa começou por identificar os principais problemas da organização e verificou que apenas 30 % da mão-de-obra acrescentava valor ao produto. Decidiram começar por analisar um setor da fábrica com três operadores por turno, deslocamento de cada peça de 17,5 metros e produtividade de 70 peças/hora. Para melhorar a situação adotou metodologias, tais como, *kaizen*, 5W+1H, 5S, diagramas de causa efeito e ciclo de PDCA.O resultado foi uma mudança significativa no *layout* como se pode ver na figura 7. (De Faria 2012).

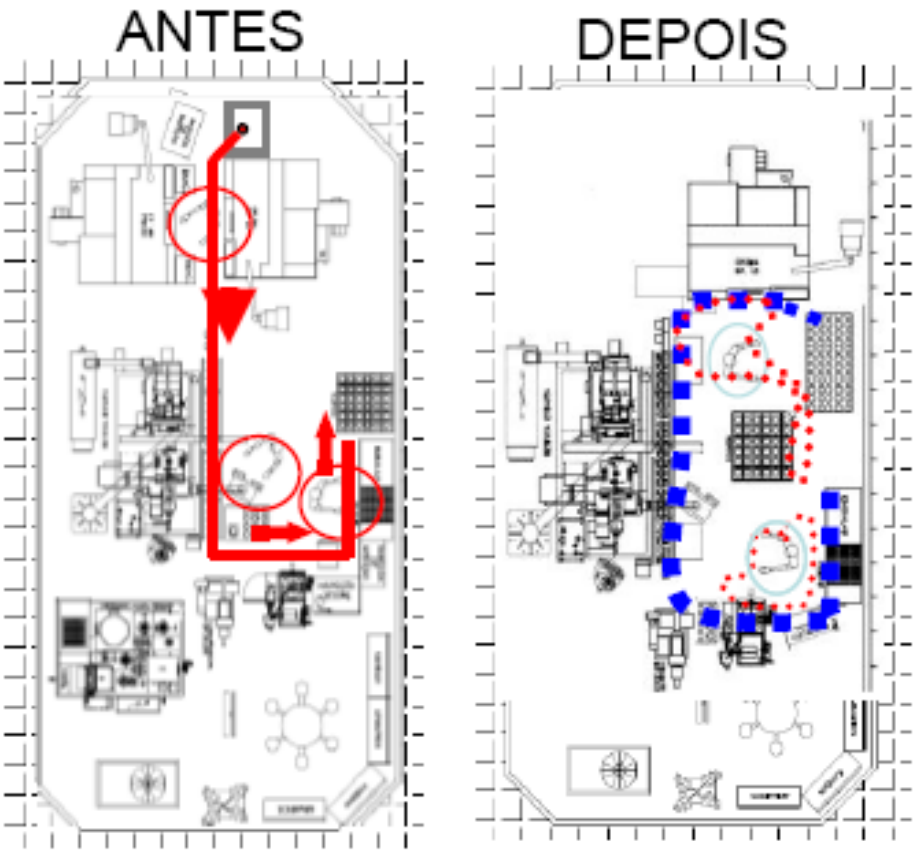

Figura 7 - Alteração do *layout* (De Faria 2012)

Com a mudança do *layout* o processo tornou-se contínuo, reduziu-se para dois operadores por turno, o percurso da peça passou para 13,8 metros e o tempo de ciclo diminuiu, resultando numa significativa redução de custos. Para além destes resultados, os trabalhadores ficaram mais motivados para participarem nas sugestões de melhoria (De Faria 2012).

2.5.5. Caso 5

A Iveco Argentina S.A. é uma empresa do Grupo Fiat dedicada à montagem de camiões e autocarros. Com o objetivo de se tornar líder do mercado através dos preços (e custos) mais competitivos e qualidade excelente, a organização implementou o WCM. A empresa começou por implementar os 5S na área com mais problemas (ver figura 8). Depois focaram-se nas atividades que não acrescentavam valor (Morici 2013).

Figura 8 - Antes e depois de organizarem o local de trabalho com a ferramenta 5S (Morici 2013)

Após avaliarem e estudarem as atividades que não acrescentam valor foram aplicadas várias ações de melhoria, tendo como resultado (Morici 2013):

- Redução em 55 % das deslocações efetuadas pelo operário para aceder a materiais/produtos em prateleiras junto à linha (aproximação das prateleiras – ver figura 9);
- Redução em 70 % das deslocações efetuadas pelo operário para aceder a materiais/máquinas através duma cadeira que se adapta às atividades do posto de trabalho, melhorando também a ergonomia e a produtividade dos operadores – ver figura 10);
- Redução em 45 % das deslocações do operário para ir buscar peças para montar. Esta melhoria foi conseguida através da introdução de um carro com compartimentos específicos onde são colocadas as peças que os operadores montam nesta operação, de forma a melhorar a ergonomia e reduzir os deslocamentos para ter acesso aos materiais.

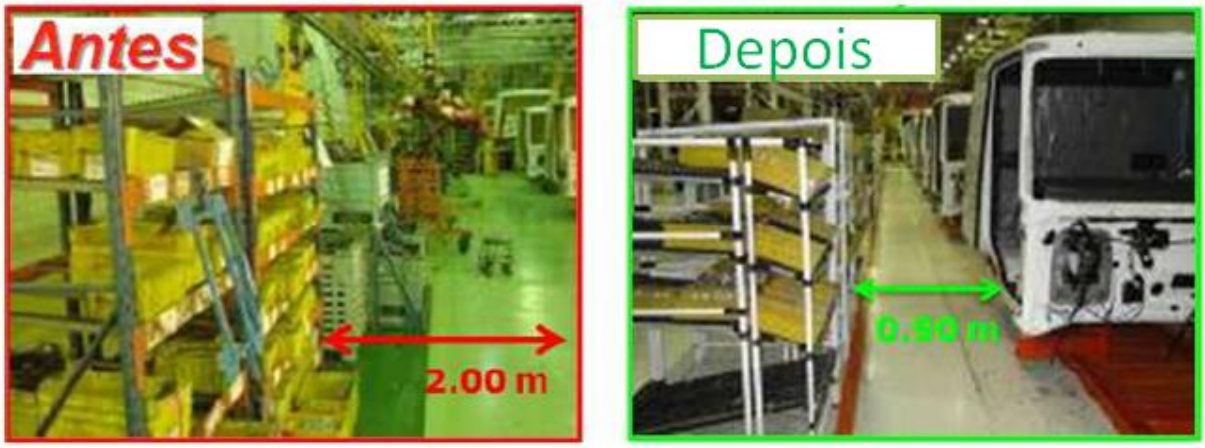

Figura 9 - Redução do bordo da linha (Morici 2013)

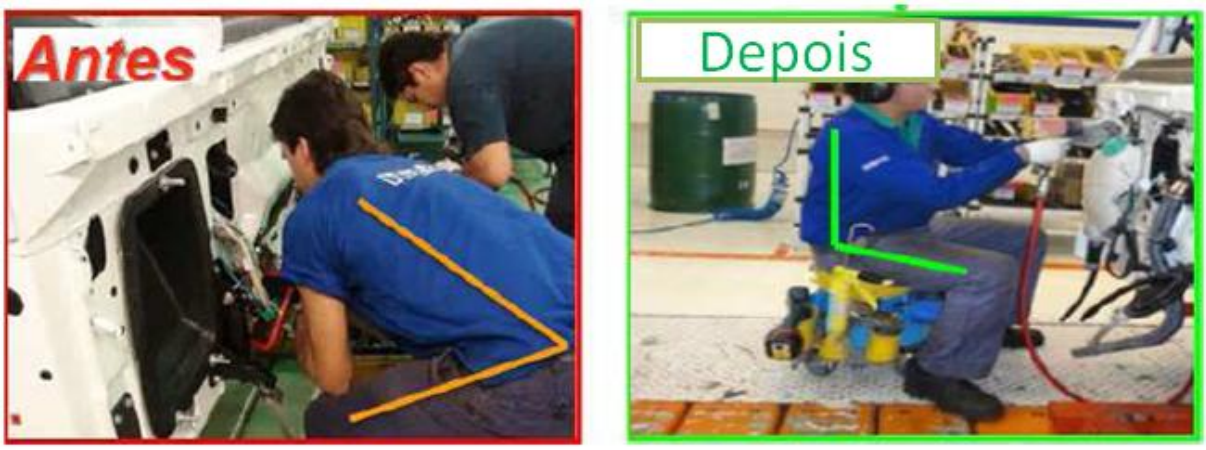

Figura 10 – Cadeira adequada às atividades do processo produtivo (Morici 2013)

Com estas medidas a empresa conseguiu reduzir 10 operadores na linha de montagem e a razão entre o benefício e o custo foi de 4,1 (Morici 2013).

2.6. Aplicação do WCM na indústria cerâmica

Numa empresa da indústria cerâmica, a área piloto escolhida tinha 10 linhas de produção e cerca de 100 trabalhadores, sendo a manutenção um fator crítico de extrema importância. Começaram por dar formação sobre WCM, 5S, SMED e TPM. Depois, implementaram os 5S e criaram as inspeções necessárias para monitorar os resultados. Para motivar os funcionários, criaram prémios para as melhores equipas 5S. Os resultados da implementação do SMED podem ser analisados na figura 11; a coluna a preto marca o início da implementação do WCM; ao fim de 2 anos verifica-se uma redução de 70 % no tempo de troca de ferramentas (Partyka 2008).

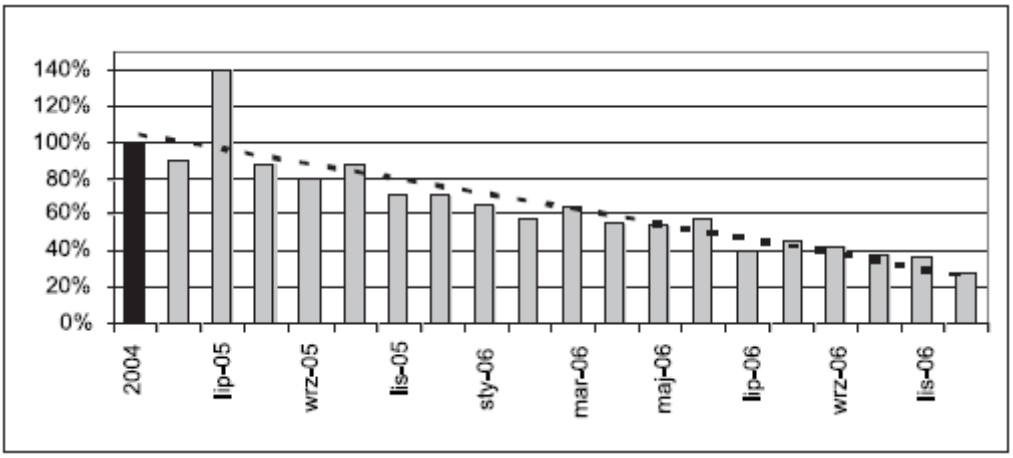

Figura 11 - Resultados obtidos com a implementação do SMED (Partyka 2008)

A empresa também implementou o TPM, visando atingir zero avarias de equipamentos, zero defeitos de produção e zero acidentes de trabalho. Para tal a empresa envolveu todos os trabalhadores, melhorando as suas competências para a manutenção dos equipamentos. A figura 12 mostra os resultados obtidos, podendo-se constatar uma diminuição de quase 50 % nas avarias de equipamentos (Partyka 2008).

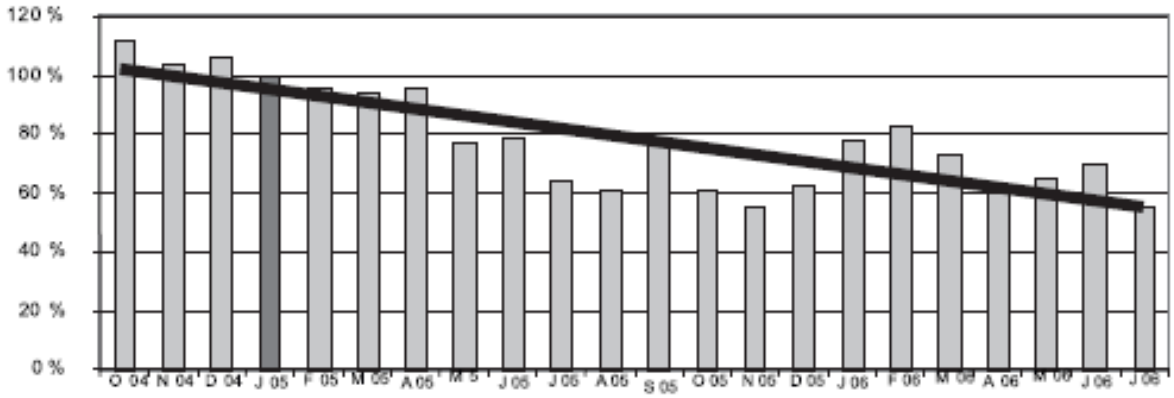

Figura 12 - Efeito da implementação do TPM nas falhas de equipamentos (Partyka 2008)

A empresa também passou a medir a eficiência dos seus equipamentos, linhas e processos de fabrico através do indicador OEE (*Overall Equipment Effeciency*), que é calculado com base nas paragens, cadência e qualidade. Na figura 13 pode-se verificar que a eficiência dos equipamentos aumentou consideravelmente desde o início do programa WCM (Partyka 2008).

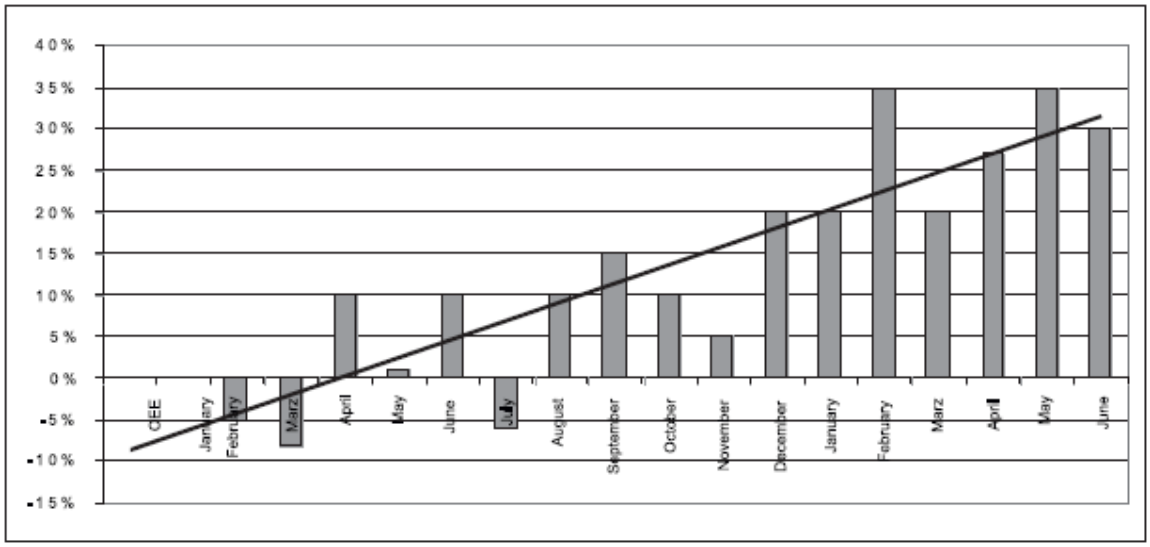

Figura 13 - Variação do indicador OEE com a implementação do WCM (Partyka 2008)

2.7. Aplicação do WCM na indústria alimentar

Este caso refere-se à implementação do WCM numa empresa de produção de margarina. Foram detetados sete tipos de perdas/falhas: deslocações desnecessárias, excesso de produção, *stock*, tempo de espera, falta de conhecimento, defeitos e transporte desnecessário; correspondente a 74 % do tempo disponível para produção. Sendo a limpeza manual das linhas a atividade sem valor acrescentado mais expressiva, a empresa focou-se no desenvolvimento de um novo sistema de limpeza e desinfeção, conseguindo aumentar para 56 % o tempo de produção efetivo (figura 14), tornando-se assim mais competitiva (Zimwara 2012).

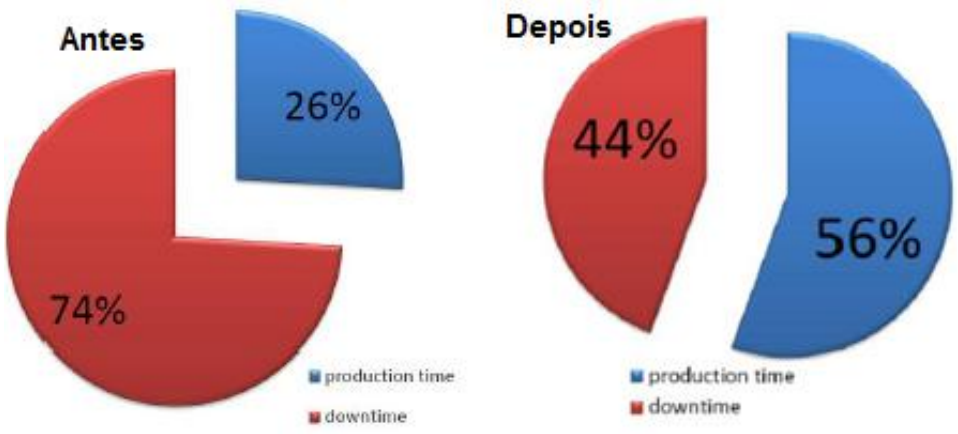

Figura 14 - Tempo de produção efetivo antes e depois da implementação do WCM (A azul: tempo de produção e a vermelho: tempo de inatividade) (Zimwara 2012)

2.8. Aplicação do WCM na indústria de produção de aço

A ArcelorMittal South Africa Saldanha Works é uma das maiores produtoras de aço, detendo 10 % da produção mundial. A empresa decidiu implementar o WCM com o objetivo de atingir a produção de 1,2 milhões de toneladas/ano. Começaram por formar os líderes do WCM e a gestão de topo, e mais tarde os trabalhadores. A empresa decidiu começar pelo desdobramento e análise de custos, manutenção autónoma, gestão preventiva de equipamentos e desenvolvimento de pessoas (dos dez pilares do WCM); também aplicaram a ferramenta 5S. O maior obstáculo foi o desenvolvimento de pessoas devido à dificuldade em envolver os operadores da fábrica no projeto. A implementação do WCM tem resultado numa redução de custos significativa, como mostra a figura 15 (Mey 2011).

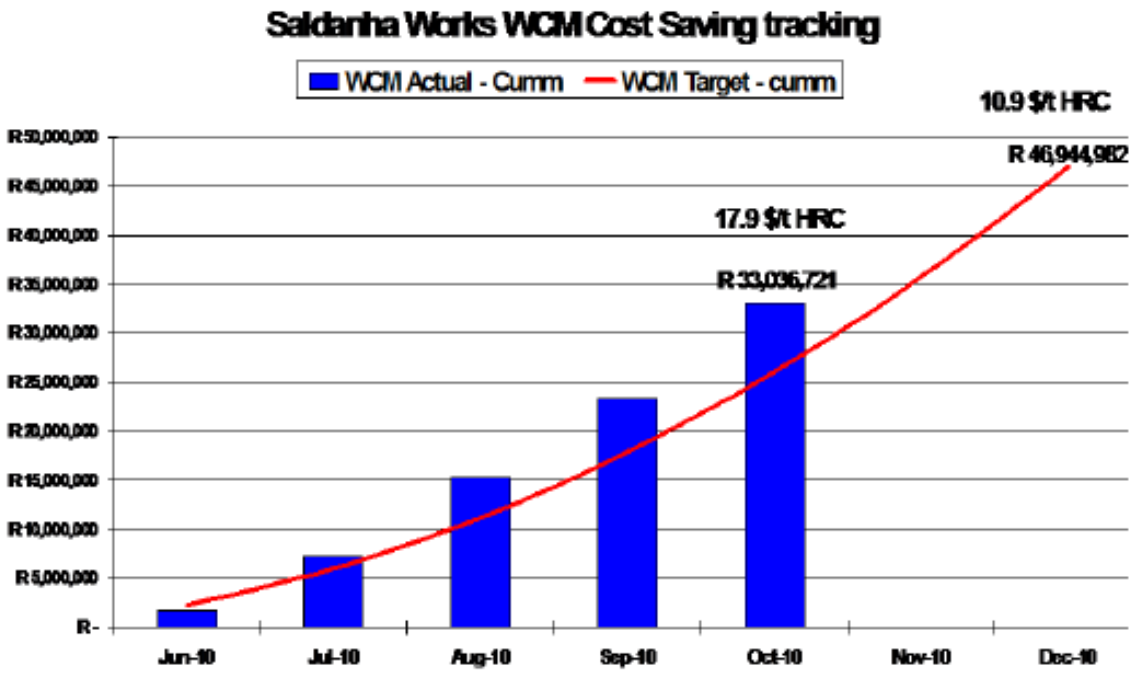

Figura 15 – Redução de custos em função do tempo de implementação do WCM (Mey 2011)

2.9. Aplicação do WCM na indústria de ferramentas

A empresa Sandvik Coromant (Suécia) produz ferramentas em metal duro. Com a implementação do WCM a empresa melhorou o desempenho das unidades de produção. Passou a ser capaz de desenvolver novos produtos em 14 dias (antes necessitava de 4 a 6 meses). A empresa investiu em novos equipamentos (CNC de cinco eixos que permitiu um elevado grau de automação e flexibilidade) reduzindo drasticamente o tempo de produção. O *layout* foi alterado significativamente. Melhorou-se tanto ao nível da funcionalidade, como ao nível do tempo de processamento que passou de 50 para 3 dias (Lind 2001).

Ao longo do tempo foi-se delegando autoridade e autonomia aos operadores da fábrica, tornando-os mais responsáveis pelo seu trabalho. Também melhorou o prazo de entrega de encomendas que, passou para 24 horas na Europa e 48 horas no resto do mundo (anteriormente demorava-se cerca de 4 semanas). Assim a empresa aumentou significativamente a satisfação dos clientes (Lind 2001).

2.10. Aplicação do WCM na indústria de polímeros

A British Vita plc é uma empresa da indústria transformadora de polímeros. Desde logo deram relevância ao envolvimento dos funcionários no projeto WCM. A empresa já possuía algumas práticas importantes implementadas, tais como, controlo estatístico do processo (SPC), TQM e certificação de fornecedores. Na tabela 1, indicam-se alguns resultados obtidos ao fim de dois anos e meio do início da implementação do WCM (Jazayeri 1999).

Tabela 1 - Benefícios do WCM na empresa British Vita plc (Jazayeri 1999)

	Antes da implementação do WCM	Depois da implementação do WCM
Prazo de entrega	14 dias	3 – 4 dias
Nº de fornecedores	1093	826
Entregas dentro do prazo	60 %	93 %
Número de novos produtos	3/ano	24/ano
Sistema de recompensa	Individual	Por equipas

3. Controlo da Qualidade no WCM

O controlo da qualidade é um pilar técnico do programa WCM e tem como objetivo principal atingir "zero defeitos", uma vez que a produção de peças não-conformes implica insatisfação do cliente, desperdício de material, tempo e energia, resultando em custos elevados para as organizações. Para tal é fundamental que as empresas passem de uma atitude reativa (inspeção ao produto final) para uma atitude preventiva (controlo das características do processo produtivo que influenciam a qualidade do produto) (Borges 2013).

O modelo WCM proposto pelo Yamashina possui sete passos para a implementação de cada pilar (Borges 2013). Na figura 16 são apresentados os sete passos para a implementação do pilar "Controlo da qualidade" (Yamashina s.d.).

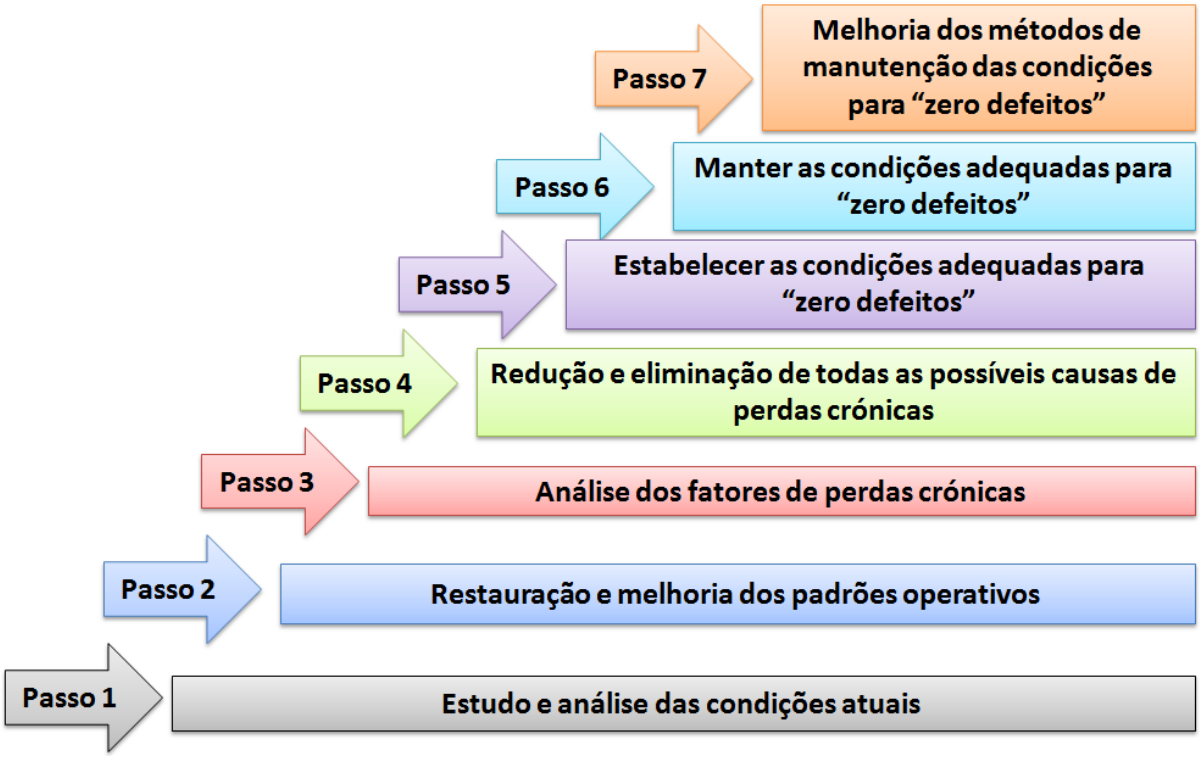

Figura 16- Sete passos para implementação do pilar Controlo da Qualidade (Yamashina s.d.)

Passo 1 - Estudo e análise das condições atuais

Inicialmente deve-se analisar as perdas relacionadas com a área da qualidade identificadas no "Desdobramento e análise de custos", definir e ordenar os principais problemas (priorizar), identificar em que etapa do processo se geram as não-conformidades e analisar a causa do aparecimento do defeito. Para tal usam-se duas ferramentas:

- Matriz QA (*Quality Assurance* ou Garantia da Qualidade): é uma ferramenta que permite determinar as condições atuais do controlo da qualidade, relacionando a

frequência de ocorrência da não-conformidade, os custos (mão-de-obra, reparação e materiais) e o nível de gravidade dos defeitos (relacionado com a fase do processo produtivo onde o defeito é detetado), com a finalidade de garantir que as ações implementadas sejam direcionadas para a área ou fase do processo produtivo mais problemático (área piloto) (Borges 2013).

- FMEA (análise dos modos de falha e efeitos): é um método usado para detetar potenciais falhas, as causas que originaram a falha e as suas consequências, com a finalidade de implementação de ações que visem a eliminação do problema (Borges 2013).

Passo 2 - Restauração e melhoria dos padrões operativos

Este passo tem como objetivo reestabelecer as condições base do processo produtivo na área piloto: análise das especificações do processo, manutenção dos equipamentos, treinamento dos funcionários, limpeza (Borges 2013). A ferramenta 5S é uma das primeiras ferramentas a aplicar na área piloto visto que permite organizar o local de trabalho. Consiste em: identificar e separar todos os objetos presentes no local, com base na frequência de utilização (os itens usados com maior frequência devem permanecer no local de trabalho, os itens usados com menor frequência são movidos para um local mais afastado e por fim, os itens que já não são utilizados são eliminados); organizar o local, ou seja, colocar os objetos de forma funcional, tendo em conta quantas vezes o item é utilizado e a ergonomia; limpeza e manutenção dos equipamentos de forma a garantir que os equipamentos não originam sujidade no local de trabalho (participação das áreas de manutenção – "Manutenção profissional" e "Manutenção autónoma"); padronizar, ou seja, estudar todas as atividades e determinar como essas atividades devem ser executadas; e, por fim, verificar se as normas estão a ser cumpridas por todos através de inspeções internas. É de salientar que para todo este processo resultar, os operários têm de receber formações para saberem como agir no seu posto de trabalho (área do "Desenvolvimento de pessoas") (Fekete s.d.).

Passo 3 – Análise dos fatores de perdas crónicas

O objetivo deste passo é analisar os fatores que originam perdas crónicas, ou seja, perdas difíceis de identificar, que ocorrem com elevada frequência e que são facilmente contornadas pelos operadores (Funfrap, WCM Quality Control - Introdução s.d.). Para tal usam-se as seguintes ferramentas:

- Diagrama de Ishikama dos 4M: tem como objetivo determinar as causas raiz de um dado problema, focando esse estudo nos 4M (mão-de-obra, material, método e máquina) (De Felice 2013).
- 5W1H: Permite analisar um problema em todos os seus aspetos fundamentais, recorrendo a questões como: Quem (Who)? O quê (What)? Porquê (Why)? Onde (Where)? Quando (When)? Como (How)? (De Felice 2013).
- 5W: usado para determinar a verdadeira causa do problema, fazendo a pergunta "porquê?" cinco vezes seguidas em relação à resposta anterior (De Felice 2013).

Passo 4 - Redução e eliminação de todas as possíveis causas de perdas crónicas

Após analisar os problemas crónicos é fundamental reduzi-los ou, se possível elimina-los. Este passo tem como objetivo definir os padrões operativos das máquinas ou equipamentos para evitar a produção de produtos não-conformes (Funfrap, WCM Quality Control - Introdução s.d.). Para tal é fundamental a análise 4M realizada no passo anterior, pois para cada situação aplicam-se diferentes ações/ferramentas:

- Método: sete passos do ciclo PDCA, SOP (Procedimento de Operação Standard) e Poka Yoke (ver fluxograma da figura 17). Este ponto envolve o pilar "Melhoria focada na eliminação de desperdícios e custos" (Nunes 2013).
- Máquina: sete passos da manutenção da qualidade que envolve as seguintes ferramentas (Funfrap, WCM Quality Control - Introdução s.d.):
    - Matriz X: permite relacionar os defeitos com os parâmetros do processo e os parâmetros e componentes dos equipamentos que têm impacto na qualidade do produto.
    - Matriz QM (*Quality Maintenance* ou Manutenção da Qualidade): é construída a partir da não-conformidade definida como prioritária na Matriz QA, cuja causa determinada pela análise 4M é a máquina, e das informações recolhidas da Matriz X. Permite definir e manter as condições operacionais de máquinas e equipamentos de forma a garantir o seu bom funcionamento. Consiste num conjunto de tabelas que determinam, para cada componente da máquina, que influencia a qualidade dos produtos, as condições operacionais ideais de forma a evitar não-conformidades.
    - Análise do ponto do processo (PPA): permite determinar quais os pontos do processo que originam não-conformidades nos produtos, tendo como objetivo restaurar as condições operacionais de forma a alcançar zero defeitos.
- Mão-de-obra: Sete passos do ciclo PDCA, TWTTP (*The way to teach people* – consiste numa entrevista que é feita antes e depois da implementação de ações),

análise da causa raiz do erro humano, Poka Yoke, SOP, OPL (Lição sobre um ponto), formações (envolvimento do pilar "Desenvolvimento de pessoas") e ajudas visuais (Nunes 2013).

- Material: Controlo da qualidade na receção da matéria-prima/produtos (*8 stages of incoming material)* (Nunes 2013).

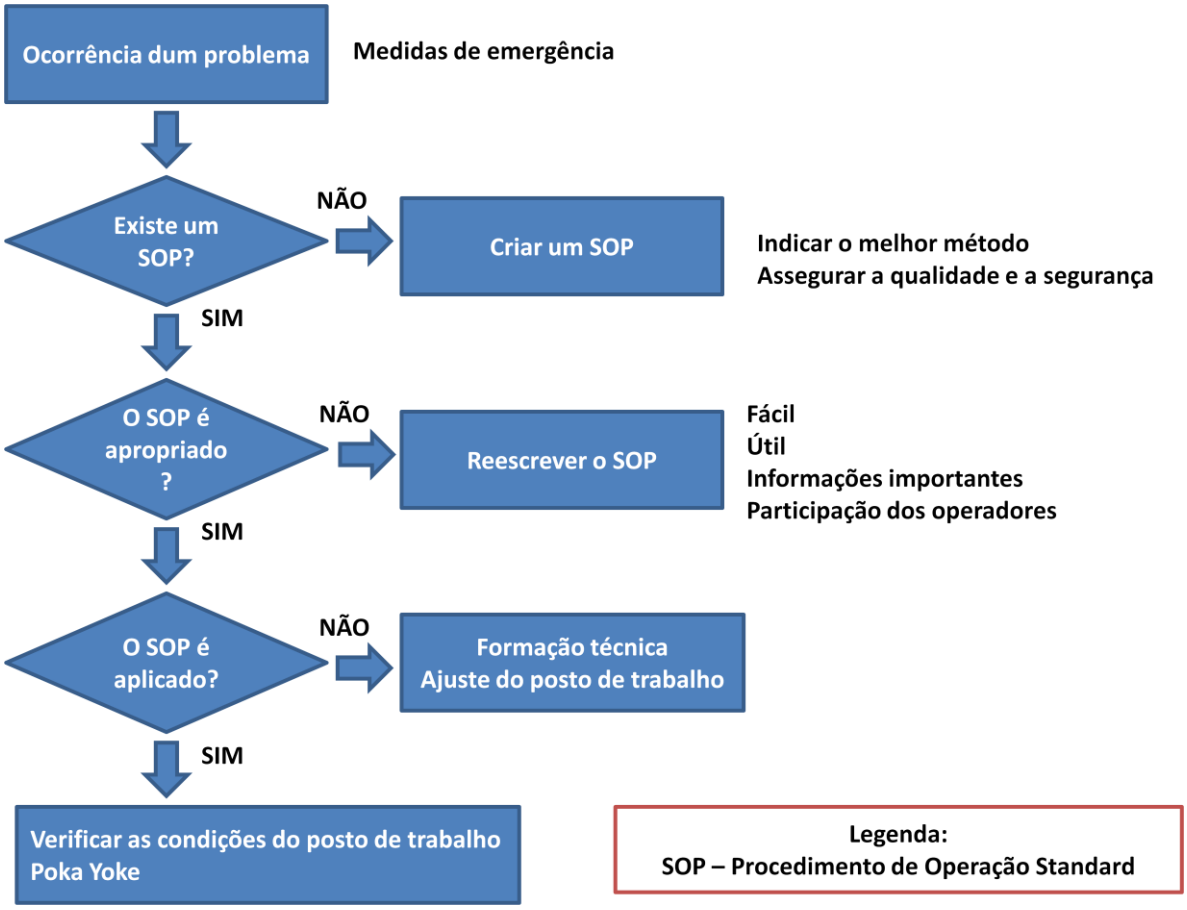

Figura 17 - Fluxograma que demostra como agir quando o problema se centra no método de trabalho (Nunes 2013)

Passo 5 - Estabelecer as condições adequadas para "zero defeitos"

Neste passo definem-se os parâmetros operativos dos equipamentos de forma a evitar a ocorrência de defeitos (atitude preventiva) e cria-se um modelo padrão de inspeção. Para tal usam-se as seguintes ferramentas (Funfrap, WCM Quality Control - Introdução s.d.):

- Lista de verificação do processo: lista das atividades críticas do processo que devem ser executadas para que a etapa do processo produtivo se realize devidamente.
- Calendário de manutenção
- 5 Questões para zero defeitos

Passo 6 - Manter condições adequadas para "zero defeitos"

Este passo tem como objetivo executar inspeções diárias e planeadas consuante o modelo padrão de inspeção estabelecidos no passo anterior (Funfrap, WCM Quality Control - Introdução s.d.)

Passo 7 – Melhoria dos métodos de manutenção das condições para "zero defeitos"

Evolução das 5 questões para zero defeitos (antes e após alterações) e avaliação do impacto económico (cálculo do benefício/custo) (Nunes 2013).

3.1. A metodologia 8 *Stages of incoming material*

Para as empresas se tornarem mais competitivas é fundamental estabelecer parcerias com os fornecedores de forma a alcançarem uma posição de liderança nos mercados. Os fornecedores são um elemento chave com elevado valor estratégico: uma empresa pode melhorar significativamente os seus processos, no entanto, se as materias-primas apresentarem problemas de conformidade, toda a cadeia de produção será afetada (Djokic 2013).

A metodologia *8 Stages of Incoming Material* focaliza-se nos fornecedores e tem como objetivo garantir a qualidade dos produtos comprados com o menor custo possível. O grande objetivo desta metodologia é criar um efeito de sinergia através dos fornecedores: estes garantem a qualidade dos produtos de forma a minimizar as inspeções da qualidade na receção e, consequentemente, os custos inerentes. Na figura 18 apresentam-se os oito estágios da metodologia, sendo o objetivo transferir o controlo para o fornecedor tornando o processo mais robusto e os produtos mais competitivos (Funfrap, QC OF INCOMING MATERIAL s.d.).

Estágios	Fornecedor		Comprador	
	Produção	Dep. de inspeção	Dep. de inspeção	Produção
0				
1				Inspeção a 100 %
2			Inspeção a 100 %	
3		Inspeção a 100 %	Inspeção a 100 %	
4		Inspeção a 100 %	Inspeção por amostragem ou verificação da inspeção	
5	Inspeção a 100 %	Inspeção por amostragem	Inspeção por amostragem ou verificação da inspeção	
6	Controlo do processo	Inspeção por amostragem	Verificação da inspeção ou sem inspeção	
7	Controlo do processo	Verificação da inspeção	Verificação da inspeção ou sem inspeção	
8	Controlo do processo	Sem inspeção	Sem inspeção	

Figura 18 - Estágios da metodologia *8 Stages of incoming material* (Funfrap, QC OF INCOMING MATERIAL s.d.)

Para se evoluir do estágio 1 para o estágio 8 é necessário um trabalho conjunto com os fornecedores.

Quando na matriz QA, elaborada no primeiro passo do "Controlo da qualidade", se deteta que a não-conformidade é originada pelo material (análise 4M), esse material corresponde a um estágio zero, devendo-se intervir no processo de fabrico do fornecedor, atacando a causa raiz (Funfrap, QC OF INCOMING MATERIAL s.d.).

De seguida são apresentadas as etapas desta metodologia.

1. Seleção de produtos e fornecedores

O primeiro passo consiste em selecionar os produtos /matérias-primas que entram diretamente no fabrico das peças e os respetivos fornecedores.

2. Classificação dos produtos comprados

Nesta etapa faz-se uma avaliação das caraterísticas consideradas críticas, ou seja, aquelas que originam problemas no processo produtivo ou nas peças produzidas se não estiverem dentro das especificações. É então avaliado o impacto de cada caraterística crítica no produto final, sendo analisados quatro aspetos por ordem decrescente de importância:

- Segurança: a característica pode pôr em causa a segurança do utilizador seguinte ou o produto é perigoso segundo a legislação em vigor;

- Funcionalidade: a característica põe em causa o bom funcionamento da peça;
- Aspeto ou montagem: a característica influencia o aspeto/montagem da peça;
- Não relevante: característica é considerada crítica para o processo mas não tem influência na qualidade da peça produzida.

No fim, classifica-se o material (ver figura 19) de acordo com os critérios da tabela 2.

Componente:	Especificação	Segurança	Funcionalidade	Aspeto / Montagem	Não Relevante
Fornecedor:					
Característica Críticas		Potencial impacto no produto			
	4 - 5 mm			x	
	< 10 %		x		
	240 - 250 mg				x
			A		

Figura 19 - Avaliação dos impactos dos produtos comprados (Funfrap, QC OF INCOMING MATERIAL s.d.)

Tabela 2 - Classificação do produto com base no respetivo impacto (Funfrap, QC OF INCOMING MATERIAL s.d.)

AA	O produto apresenta pelo menos uma característica crítica com impacto na segurança da peça produzida
A	O produto não apresenta nenhuma característica crítica com impacto na segurança e apresenta pelo menos uma característica crítica com impacto na funcionalidade do produto final
B	O produto não apresenta nenhuma característica crítica com impacto na segurança e funcionalidade e apresenta pelo menos uma característica crítica com um impacto no que diz respeito ao aspeto ou montagem do produto final
C	O produto apenas apresenta características críticas sem impacto relevante para a peça final

No exemplo da figura 19, o produto não apresenta características críticas com impacto na segurança das peças produzidas e apresenta uma característica com influência na funcionalidade, então é classificado de produto A.

3. Classificação dos fornecedores

Os fornecedores selecionados são avaliados com base na colaboração, histórico de desempenho e localização, sendo cada um destes itens classificado em três níveis (conforme apresentado na figura 20):

- Localização: se o fornecedor localiza-se no mesmo país da empresa, atribui-se 1 ponto; se pertencer ao mesmo continente, 5 pontos e se for de outra parte do mundo atribui-se 10 pontos;
- Histórico de desempenho: se o fornecedor é melhor que o esperado atribui-se 1 ponto, se atingir ±10 % do objetivo atribui-se 3 pontos e se não atingir o objetivo são atribuídos 5 pontos;
- Colaboração: se é elevada atribui-se 1 ponto, se é média, 5 pontos e se é baixa atribui-se 10 pontos.

Os valores atribuídos são multiplicados, obtendo-se a pontuação do produto; a pontuação atribuída ao fornecedor corresponde à média da pontuação dos produtos por ele fornecidos. O fornecedor pode ser classificado em AA, A, B ou C, sendo AA a pior classificação, ou seja, o fornecedor é tanto melhor, quanto menor for a classificação relativa à localização, colaboração e histórico de desempenho. No caso do exemplo apresentado na figura 20, o fornecedor é classificado em A (Funfrap, QC OF INCOMING MATERIAL s.d.).

Fornecedor	Produto	Localização	Hist. de desempenho	Colaboração	Pontuação do produto	Pontuação do fornecedor	Classificação
X	a	3	5	1	15	20	A
	b	5	5	1	25		

Localização		Hist. de desempenho		Colaboração			
Nacional	1	Melhor que o esperado	1	Alta	1	AA	> 125
Continente europeu	5	± 10 % do objetivo	3	Média	5	A	16 - 125
Fora da Europa	10	Não atingir o objetivo	5	Baixa	10	B	4 - 15
						C	1 - 3

Figura 20 - Classificação dos fornecedores (Funfrap, QC OF INCOMING MATERIAL s.d.)

4. Matriz Fornecedor vs. Produto

Após a classificação dos produtos e dos fornecedores constrói-se uma matriz que permite determinar a prioridade de ataque, ou seja, os casos que devem ser prioritariamente tratados (figura 21).

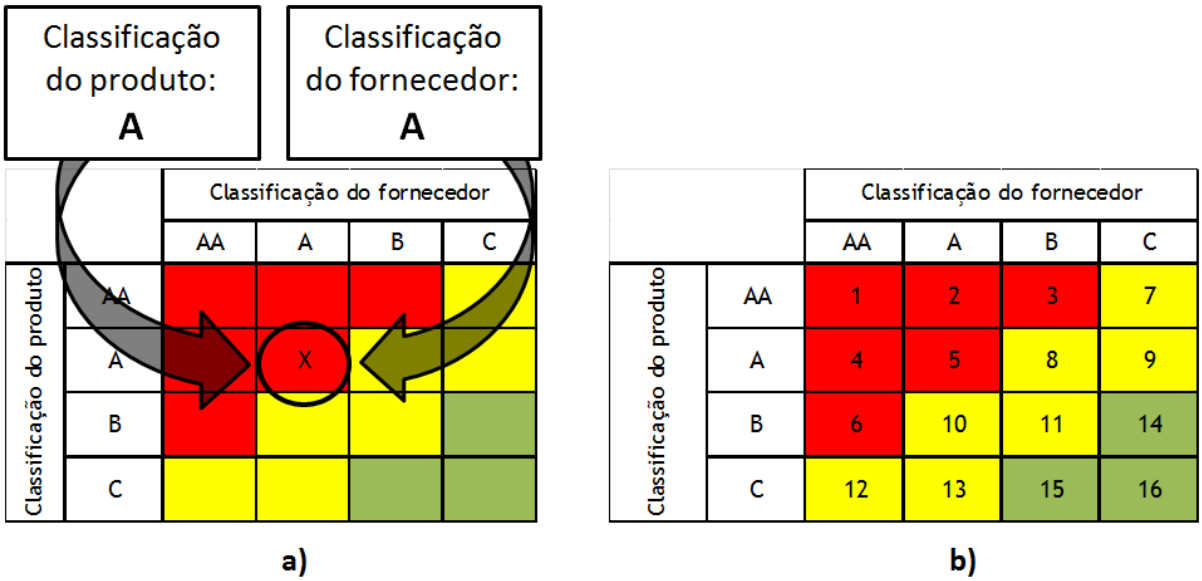

Figura 21 – a) Matriz Fornecedor vs. Produto; b) ordem de prioridade de ataque (Funfrap, QC OF INCOMING MATERIAL s.d.)

Como se pode analisar na figura 21 b), a zona vermelha é prioritária, seguindo-se a amarela e por fim a verde, dentro de cada zona deve-se começar pelos casos em que o impacto do produto é mais grave. Os números da matriz da figura 21 b) representam a ordem de prioridade. Posto isto, os produtos prioritários avançam em primeiro lugar para os passos seguintes (Funfrap, QC OF INCOMING MATERIAL s.d.).

5. Mapa de controlos/inspeções

Começando pelos produtos que foram definidos como prioritários, elabora-se uma tabela com os controlos que são feitos no fornecedor e os controlos que são feitos na empresa, detalhando em que fase da produção a inspeção é realizada (figura 22).

Produto		Fornecedor			Comprador				Estágio p/ cada característica	Estágio
Nome do fornecedor		Durante a produção	No fim da produção	Antes da expedição	Inspeção na receção	Na linha antes da utilização	Durante a produção	No fim da produção		
Características Críticas										

Figura 22 - Mapa de controlo das características críticas (Funfrap, QC OF INCOMING MATERIAL s.d.)

Para atribuir o estágio do controlo (de 1 a 8) é necessário ter em conta a classificação apresentada na figura 18. Por exemplo, se o fornecedor, para uma dada característica crítica, tem o processo controlado e não faz qualquer tipo de inspeção

(estágio 8), mas a empresa faz inspeção a 100 % (pelo departamento de inspeção - estágio 3), então o nível atribuído à característica crítica é 3. O nível do controlo do produto corresponde ao pior estágio considerado para as características críticas. É importante referir as diferenças dos estágios 6, 7 e 8(Funfrap, QC OF INCOMING MATERIAL s.d.):

- No estágio 6, os parâmetros do processo do fornecedor ainda não estão todos identificados, não permitindo atingir os zero defeitos no fabrico;
- No estágio 7, os parâmetros do processo do fornecedor estão identificados, no entanto, não têm uma capacidade elevada;
- No estágio 8, os fornecedores, para além de identificarem os parâmetros do processo que influenciam a qualidade dos produtos, garantem uma elevada capacidade do processo produtivo.

Na figura 23, apresenta-se um exemplo de mapa de controlo.

Produto		Fornecedor			Comprador				Estágio p/cada característica	Estágio
Nome do fornecedor		Durante a produção	No fim da produção	Antes da expedição	Inspeção na receção	Na linha antes da utilização	Durante a produção	No fim da produção		
Características Críticas	a				■				2	2
	b		■		■				3	
	c		■		⊗				5	
	d				▲				2	
	f				▲				2	

Figura 23 - Exemplo de um mapa de controlo relativo a um produto correspondente ao estágio 2. Legenda: ■ - 100 % inspeção visual; ▲ - 100 % inspeção por medição; ⊗ Verificação da inspeção por medição (Funfrap, QC OF INCOMING MATERIAL s.d.)

6. Matriz Produto vs. 8 *Stages*

Tendo em conta a classificação do produto (AA, A, B e C) e o estágio em que o produto se encontra, elabora-se uma matriz que cruza esta informação (figura 24). Essa matriz também apresenta regiões a vermelho, amarelo e verde que determinam a prioridade de implementação de ações (tal como acontece na matriz Fornecedor vs. Produto). No exemplo da figura 24 a empresa apresenta 6 produtos na zona vermelha e 58 produtos na zona amarela e depois da implementação de ações todos os produtos passaram para a zona verde (correspondente a um estágio de controlo melhor).

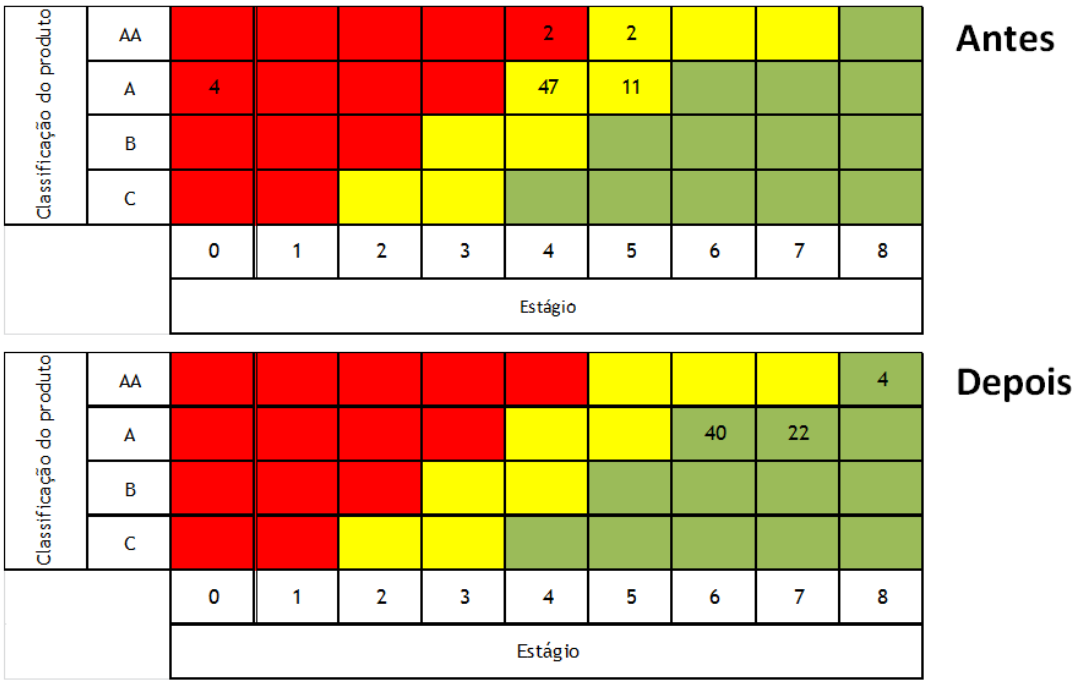

Figura 24 - Matriz Produto vs. 8 *Stages* (exemplo) (Funfrap, QC OF INCOMING MATERIAL s.d.)

7. Evolução dos custos

Uma vez que a metodologia *8 stages* tem como objetivo reduzir os custos das inspeções das matérias-primas e produtos recebidos, é feito uma avaliação dos custos das atividades de inspeção praticadas.

4. Implementação do sistema WCM na Funfrap

Neste capítulo será abordado o caso de estudo da implementação do pilar "Controlo da qualidade" na empresa Funfrap, nomeadamente a implementação da ferramenta *8 stages of incoming material* e análise de custos da mão-de-obra das inspeções da qualidade. Inicialmente apresentar-se-á a empresa em questão, seguindo-se o processo de fabrico, metodologias implementadas e sugestões de melhoria para os problemas identificados.

4.1. Breve apresentação da empresa

A Funfrap é uma fundição pertencente ao grupo italiano Teksid, situada em Aveiro, que produz peças em ferro fundido para a indústria automóvel. Trata-se de uma empresa com 325 funcionários e a sua produção incide, maioritariamente, no desenvolvimento de blocos de motores, cárteres chapéus, caixas de diferencial, cambotas, árvores de equilibragem, turbinas, turbo coletores, entre outros. A Funfrap é certificada segundo as normas ISO / TS 16949, VDA 6.1, ISO 14001, OHSAS 18001 e ISO 50001 e os principais clientes são General Motors, Renault, Fiat, Garrett. Esta empresa tem vindo a implementar o WCM desde Setembro de 2010, conseguindo até ao momento uma classificação de 39 pontos (num máximo de 100 pontos). O objetivo da empresa é atingir os 50 pontos em 2015 (medalha de bronze). O pilar do Controlo da Qualidade atingiu dois pontos (num máximo de 5 pontos) até ao momento.

4.2. Processo de fabrico

Os quatro principais setores fabris da Funfrap são: fusão, moldação, macharia e acabamentos. Na figura 25 apresenta-se um esquema do processo de fabrico da empresa. Repare-se que para obter peças por fundição é necessário fabricar machos caso as peças possuam ocos e moldações cuja cavidade moldante é preenchida de metal líquido. Na macharia, existe uma panóplia de máquinas injetoras (organização em células de produção) que produzem machos que são colocados nas moldações. A moldação é automática. Na fusão existe uma linha de vazamento e quatro fornos, cada um com uma capacidade de 7,5 toneladas. O sistema de vazamento da Funfrap é semi-automático (o metal é transferido do forno para as colheres, que por sua vez, vazam para as moldações). Nos acabamentos existem três linhas, uma para os cárteres cilindros (blocos de motores) outra para os cárteres chapéus e outra para as peças de menor dimensão como caixas diferenciais e árvores de equilibragem. Algumas peças são pré-maquinadas.

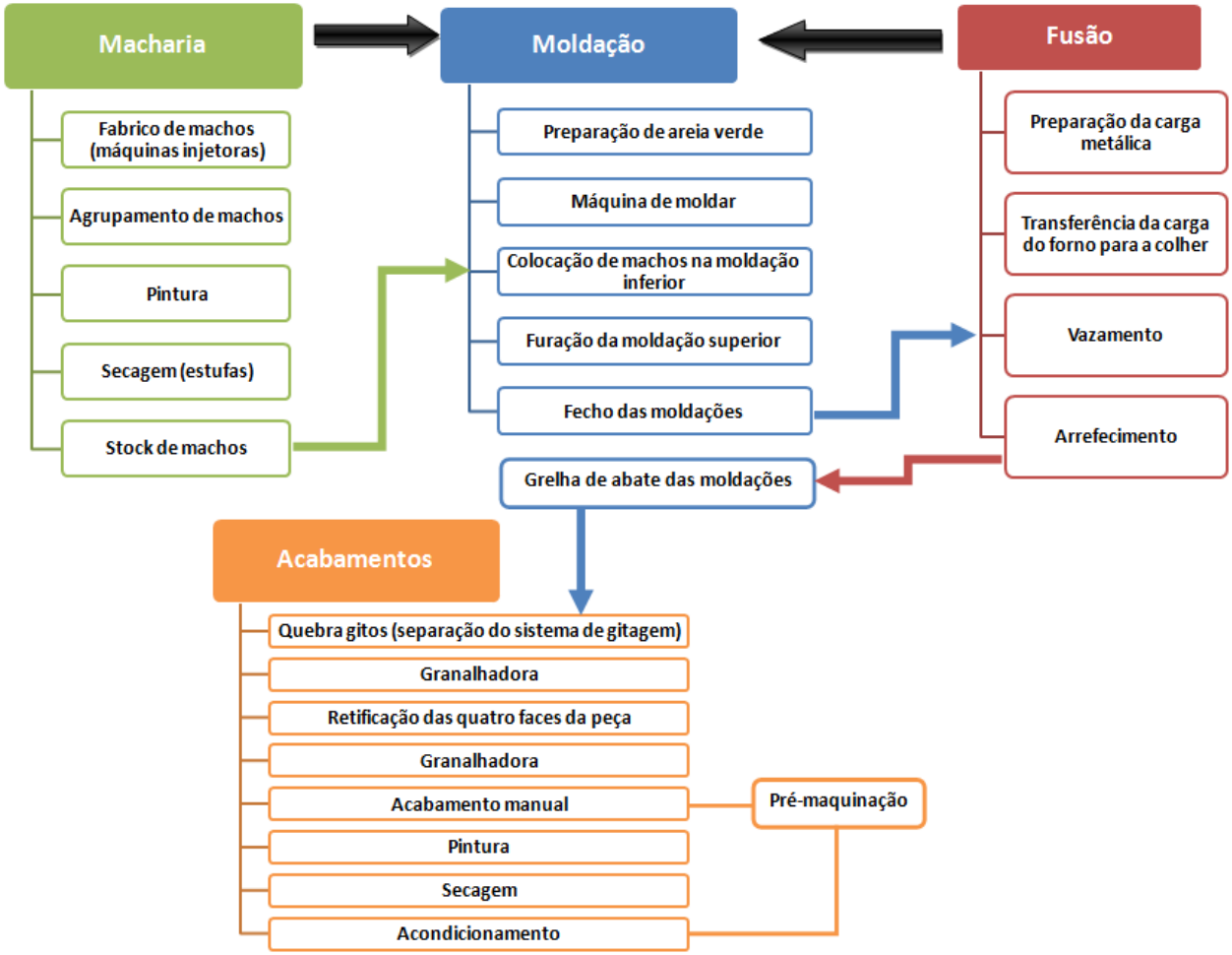

Figura 25 - Esquema do processo de fabrico da empresa Funfrap

4.3. Implementação da metodologia *8 Stages of incoming material* na Funfrap

Tendo em conta a metodologia explicada no capítulo 3 (em 3.1.), nesta secção será apresentado e discutido a implementação da mesma na empresa Funfrap.

1. Seleção de produtos e fornecedores

Na Funfrap as matérias-primas que entram para a composição do produto final são: lingotes, sucata e ligas metálicas. Não menos importantes são, por exemplo, a areia de moldação e de macharia, sem as quais não é possível obter peças fundidas. Por isso, foram também considerados os materiais que são relevantes no processo produtivo, totalizando 71 produtos associados a 23 fornecedores.

2. Classificação dos produtos comprados

Todas as matérias-primas e produtos foram classificados obtendo-se os resultados apresentados na figura 26, ou seja, dos 71 produtos, 67 afetam a peça final quanto à sua funcionalidade (classificação A) e apenas 4 afetam o aspeto ou montagem (classificação B).

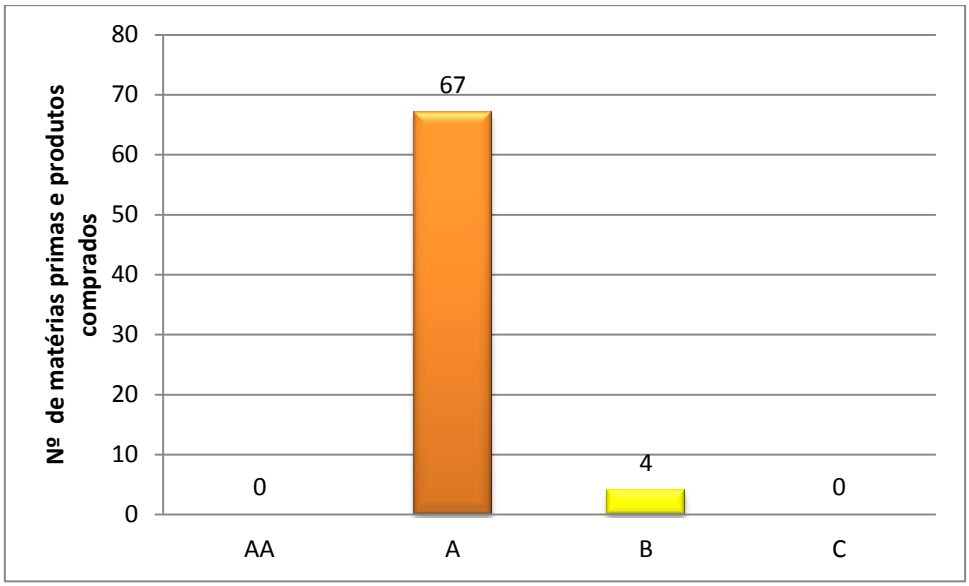

Figura 26 - Resultados da classificação das matérias-primas e produtos comprados pela Funfrap

Na figura 27 apresenta-se um exemplo de um parafuso usado para agrupar machos. Se o comprimento for menor que o limite mínimo especificado, os machos não ficam bem apertados o que pode levar à abertura da moldação, resultando peças não-conformes. Caso o comprimento seja superior ao limite máximo especificado, pode danificar os machos resultando em areias soltas na moldação ou machos partidos, e consequentemente inclusões de areia ou excesso de metal.

Componente: Parafuso	Especificação	Segurança	Funcionalidade	Aspeto / Montagem	Não Relevante
Fornecedor: XXX					
Característica Críticas		Potencial impacto no produto			
Comprimento	426 ± 2 mm		x		
			A		

Figura 27 - Exemplo de classificação de um produto comprado (parafuso para machos)

3. Classificação dos fornecedores

A classificação dos fornecedores quanto à localização, tal como indica a metodologia (figura 28 a), não permite distinguir fornecedores dentro do país (ou situados na europa). Por essa razão, a classificação adotada passou a ter em conta a distância a que os fornecedores se encontram das instalações da Funfrap, como mostra a figura 28 b).

Localização	
Nacional	1
Continente europeu	5
Fora da Europa	10

a)

Localização	
0 - 100 km	1
101 - 300 km	2,5
301 - 1000 km	5
> 1000 km	7,5
Fora da Europa	10

b)

Figura 28 - Avaliação do fornecedor quanto à sua localização. a) Avaliação segundo a metodologia *8 Stages of incoming material* e b) avaliação adotada pela empresa Funfrap

Para classificar um fornecedor quanto ao histórico do seu desempenho, a metodologia sugere que se deve atender ao cumprimento dos objetivos estabelecidos, mas não discrimina os critérios que devem ser considerados. Assim, definiram-se, na perspetiva da Funfrap, os critérios a cumprir pelos fornecedores: cumprimento dos prazos de entrega e conformidade dos produtos. Atualmente a empresa faz a monitorização através do Índice de Performance dos Fornecedores (IPF) que se baseia no número total de entregas, número de entregas não conformes e número de entregas feitas fora do prazo estipulado (figura 29). Uma vez que esta avaliação é feita na empresa já há vários anos, pôde-se utilizar os dados para classificar os fornecedores no que se refere ao histórico do seu desempenho. No entanto, essa avaliação não permite fazer a distinção de produtos entregues pelo mesmo fornecedor. Assim, sugere-se que a classificação de cada fornecedor seja desagregada pelos produtos que fornece.

Fundição Portuguesa funfrap Grupo Teksid

SEGUIMENTO DO ÌNDICE PERFORMANCE FORNECEDORES - A 2012

		Janeiro			Fevereiro			Março			...	Outubro			Novembro			Dezembro			TOTAL			
	Fornecedor	Entr	SLF	SQF	Entr	SLF	SQF	Entr	SLF	SQF		Entr	SLF	SQF	Entr	SLF	SQF	Entr	SLF	SQF	Entr	SLF	SQF	IPF
1	[redacted]	16			18			14				15			10		10	4			141	0	30	0,2
2	[redacted]	2			6			3			...	6			3						37	0	0	0,0
3	[redacted]	39			49			38				35			30		10	15			410	0	10	0,0
4	[redacted]	1						2										1			7	0	0	0,0
5	[redacted]	20			15			11			...	16			18			15			193	0	50	0,3
6	[redacted]	2			2			2				2						2			15	0	0	0,0

Figura 29 - Índice de Performance dos Fornecedores (IPF); IPF = (nº de entregas fora do prazo (SLF) + nº de entregas não-conformes (SQF))/ nº total de entregas

Assim sendo, decidiu-se estabelecer os seguintes níveis de avaliação:

- IPF = 0,0, atribui-se 1 ponto;
- 0,0 < IPF ≤ 0,2, atribui-se 3 pontos;
- IPF > 0,2, atribui-se 5 pontos.

Por último, o fornecedor é avaliado quanto à sua colaboração com a empresa. A metodologia considera os seguintes níveis: alta, média e baixa, não referindo os critérios

que permitem classificar uma colaboração alta, média ou baixa (figura 30 a). Para melhorar a classificação foram criados critérios, com base na experiência do departamento de compras:

- capacidade de resposta: rapidez de resposta do fornecedor; em caso de não-conformidade o fornecedor deve dar uma resposta formalizada com plano de ação, análise de causas raiz e análise 8D;
- sugestões de melhoria: novos produtos ou novas formas de transporte das matérias-primas ou produtos.

Tendo em conta estes dois critérios, foram criados 4 níveis de classificação, apresentados na figura 30 b), dando-se mais relevância à capacidade de resposta do fornecedor do que às sugestões de melhoria.

Colaboração	
Alta	1
Média	5
Baixa	10

a)

Colaboração	
Capacidade de resposta e sugestões de melhoria	1
Capacidade de resposta mas não apresenta sugestões de melhoria	4
Sugestões de melhoria mas sem capacidade de resposta	7
Sem capacidade de resposta e não apresenta sugestões de melhoria	10

b)

Figura 30 - Avaliação do fornecedor quanto à colaboração. a) Avaliação segundo a metodologia 8 *Stages of incoming* material e b) avaliação adotada na empresa

Na figura 31 é apresentado, a título de exemplo, a avaliação de um fornecedor. O fornecedor está instalado em Águeda (classificação de localização = 1), o IPF para o ano 2012 foi zero (classificação de histórico de desempenho = 3) e tem capacidade de resposta mas não sugere melhorias (classificação de colaboração = 4). O fornecedor apresenta uma classificação final de 12, o que corresponde a um fornecedor do tipo B.

Fornecedor	Produto	Localização		Hist. de desempenho		Colaboração	Pontuação do produto	Pontuação do fornecedor	Classificação
Z	a	Águeda	1	0,2	3	4	12	12	B
	b	Águeda	1	0,2	3	4	12		
	c	Águeda	1	0,2	3	4	12		
	d	Águeda	1	0,2	3	4	12		
	e	Águeda	1	0,2	3	4	12		
	f	Águeda	1	0,2	3	4	12		
	g	Águeda	1	0,2	3	4	12		

Localização	
0 - 100 km	1
101 - 300 km	2,5
301 - 1000 km	5
> 1000 km	7,5
Fora da Europa	10

Hist. de desempenho	
IPF = 0,0	1
0,0 < IPF ≤ 0,2	3
IPF > 0,2	5

Colaboração	
Capacidade de resposta e sugestões de melhoria	1
Capacidade de resposta mas não apresenta sugestões de melhoria	4
Sugestões de melhoria mas sem capacidade de resposta	7
Sem capacidade de resposta e não apresenta sugestões de	10

AA	> 125
A	16 - 125
B	4 - 15
C	1 - 3

Figura 31 - Exemplo de avaliação de um fornecedor da Funfrap

Os resultados globais relativos aos 71 produtos de 23 fornecedores selecionados encontram-se na figura 32. A classificação é apresentada por produto pois o mesmo fornecedor pode ter um comportamento distinto para os diferentes materiais fornecidos. Os resultados mostram que os fornecedores da empresa, de uma forma geral, têm cumprido os requisitos, apresentando as duas melhores classificações: 50 produtos associados a fornecedores do tipo B e 21 produtos associados a fornecedores com classificação C.

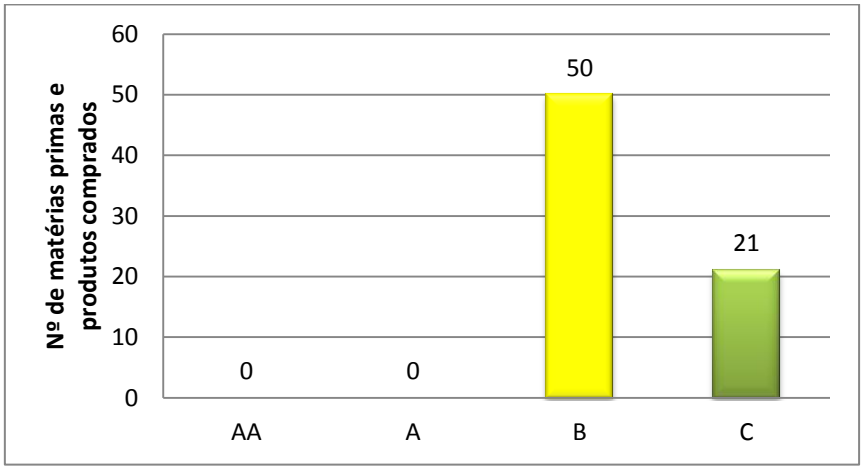

Figura 32 - Resultados globais da avaliação dos fornecedores

4. Matriz Fornecedor vs. Produto

Com os resultados da classificação de produtos e de fornecedores constrói-se a matriz Fornecedor vs. Produto (ver figura 33).

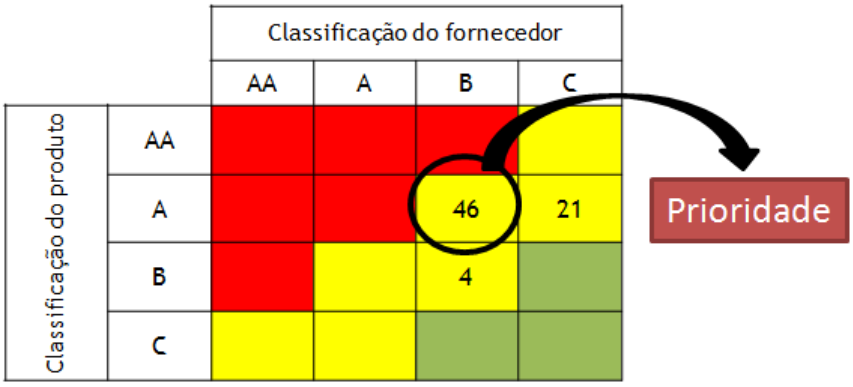

Figura 33 - Matriz Fornecedor vs. Produto fornecido, resultados da empresa Funfrap

Como se pode verificar, 46 produtos com classificação A são fornecidos por fornecedores com classificação B, 21 produtos com classificação A são fornecidos por fornecedores com classificação C e 4 produtos com classificação B são fornecidos por fornecedores com classificação B. O próximo passo será executado, em primeiro lugar para os 46 produtos assinalados na figura 33. É também de salientar que nenhum produto se posicionou na zona vermelha (zona problemática que pode envolver produtos perigosos ou fornecedores com classificação não satisfatória).

5. Mapa de controlos

Devido ao elevado número de produtos prioritários decidiu-se começar por visitar um fornecedor próximo da empresa, com o objetivo de verificar os controlos executados sobre os produtos fornecidos. O mapa de controlo para um dos produtos está apresentado na figura 34.

Parafuso		Fornecedor			Comprador				Estágio p/cada característica	Estágio
Fornecedor XXX		Durante a produção	No fim da produção	Antes da expedição	Inspeção na receção	Na linha antes da utilização	Durante a produção	No fim da produção		
Características Críticas	Comprimento	◆		⊗	◆				5	5

Figura 34 - Exemplo de um mapa de controlo de um produto (parafuso para machos) fornecido à Funfrap (◆ Inspeção por medição e por amostragem; ⊗ Verificação da inspeção por medição)

Durante a visita ao fornecedor, verificou-se que as inspeções são executadas e registadas no sistema informático com alerta visual caso o resultado se encontre fora do especificado. O fornecedor inspeciona 5 parafusos no início de produção e de 2 em 2 horas, ou seja, trata-se de uma inspeção por medição e por amostragem durante a produção. Fazem também uma inspeção, sem frequência definida, no armazém. Neste caso, tendo

em conta a figura 18, dado que o fornecedor controla o processo, o nível é 6. Na Funfrap, durante a receção do produto, faz-se uma inspeção por medição e por amostragem a cada lote (correspondente a um nível 5). Como já foi referido anteriormente, o pior nível é o que deve ser considerado e por isso é 5, tal como mostra a figura 34. A classificação do produto é também 5, uma vez que só apresenta uma característica crítica.

Atendendo ao controlo realizado no fornecedor, decidiu-se alterar a frequência de controlo durante a receção do produto para uma inspeção sem frequência definida (correspondente a um nível 6). Assim, o nível do produto passou a ser 6, como apresentado na figura 35. Para aumentar o nível de 6 para 7 só será possível se o fornecedor aumentar a capacidade do seu processo.

Parafuso		Fornecedor			Comprador				Estágio p/cada característica	Estágio
Fornecedor XXX		Durante a produção	No fim da produção	Antes da expedição	Inspeção na receção	Na linha antes da utilização	Durante a produção	No fim da produção		
Características Críticas	Comprimento	◆		⊗	⊗				6	6

Figura 35 - Exemplo de um mapa de controlo de um produto (parafuso para machos) fornecido à Funfrap (◆ Inspeção por medição e por amostragem; ⊗ Verificação da inspeção por medição)

Na figura 36 apresenta-se outro exemplo. O produto é sucata e as características críticas são: humidade, elementos não metálicos, dimensões e composição química. O fornecedor, durante o processo, faz inspeção visual a 100 % às três primeiras características críticas mencionadas e faz inspeção por amostragem à composição química sem frequência definida. Por sua vez, a Funfrap, durante a receção da matéria-prima, faz as mesmas inspeções. A inspeção à composição química por medição e por amostragem sem frequência definida é feita quando o aspeto da sucata é duvidoso. Assim, como é apresentado na figura 36, todas as características críticas correspondem a um nível 3 exceto a composição química que corresponde a um nível 7. O nível atribuído à matéria-prima é o mais baixo (nível 3).

Sucata		Fornecedor			Comprador				Estágio p/cada característica	Estágio
Fornecedor K		Durante a produção	No fim da produção	Antes da expedição	Inspeção na receção	Na linha antes da utilização	Durante a produção	No fim da produção		
Características Críticas	Humidade	■			■				3	3
	Elementos não metálicos	■			■				3	
	Dimensões	■			■				3	
	Composição química	⊗			⊗				7	

Figura 36 - Mapa de controlo para a sucata (■ 100 % de inspeção visual; ◆ Inspeção por medição e por amostragem; ⊗ Verificação da inspeção por medição)

Existem produtos que nunca poderão ultrapassar o nível 3 porque o processo do fornecedor não é suficientemente capaz. É o caso da sucata e, para além disso, o volume de sucata comprada é relativamente baixo comparativamente ao volume de vendas do sucateiro, não permitindo ter influência suficiente para impor um nível de qualidade superior. Assim, a empresa, durante a receção da matéria-prima, não pode abdicar da inspeção visual a 100%, não ultrapassando o nível 3.

6. Matriz Produto vs. 8 *Stages*

Tendo em conta a classificação do produto (AA, A, B e C) e o estágio atribuído no mapa de controlo, elabora-se a matriz "Produto vs. 8 *Stages*". Na figura 37 encontram-se os dois exemplos apresentados anteriormente, antes e depois das alterações. Com a alteração da frequência de inspeção dos parafusos, de todos os lotes para sem frequência definida, o nível passa a ser 6 e por isso este produto passa a situar-se a zona verde (figura 37).

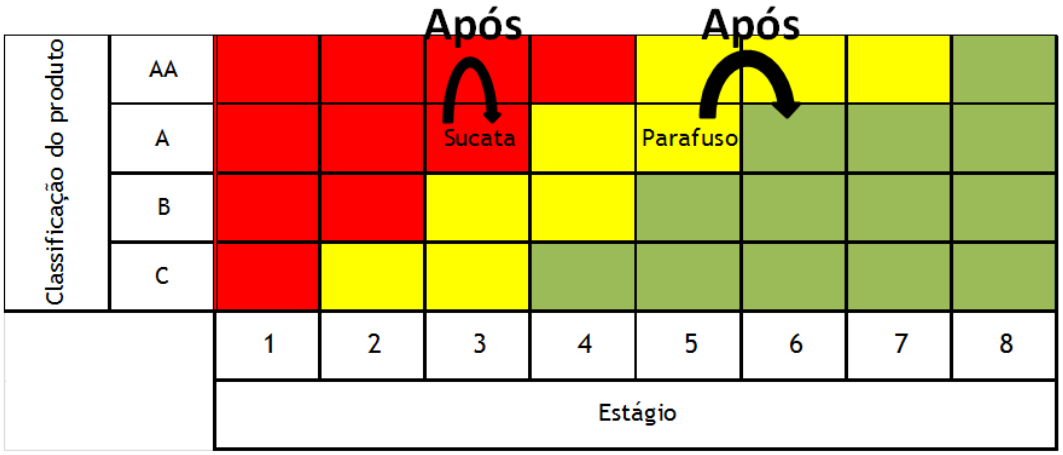

Figura 37 - Matriz Produto vs. *8 Stages* (exemplo da sucata e do parafuso)

4.4. Análise de custos de mão-de-obra utilizada nas inspeções da qualidade

A Funfrap, tal como todas as empresas que se preocupam com a qualidade dos seus produtos, tem procurado focar-se mais no controlo do processo do que no controlo final do produto, tal como sugere a metodologia WCM. Analisar os custos das inspeções da qualidade ao longo da linha é fundamental para se perceber quanto se gasta em cada inspeção.

Os custos das inspeções da qualidade, numa empresa, englobam vários parâmetros:

- Mão-de-obra;
- Calibração de equipamentos;
- Manutenção de equipamentos;
- Consumíveis;
- Energia.

O trabalho focou-se nos custos da mão-de-obra das inspeções da qualidade. Como estes custos variam de peça para peça, fez-se a análise das quatro peças mais relevantes do ponto de vista de volume de vendas, tendo como ponto de partida as vendas (ver tabela 3). Os custos foram analisados nas áreas: fusão, moldação, macharia e acabamentos. As quatro peças em questão são dois blocos de motores (ver figura 38 a) e b), um cárter chapéu (ver figura 38 c) e uma caixa diferencial (ver figura 38 d).

Tabela 3 - Vendas 2013 das peças escolhidas

Ref. Peça	Nº Peças	% Volume de vendas
650	111902	6,5
621	389616	22,7
779	152715	8,9
128	509072	29,7

68 % das vendas

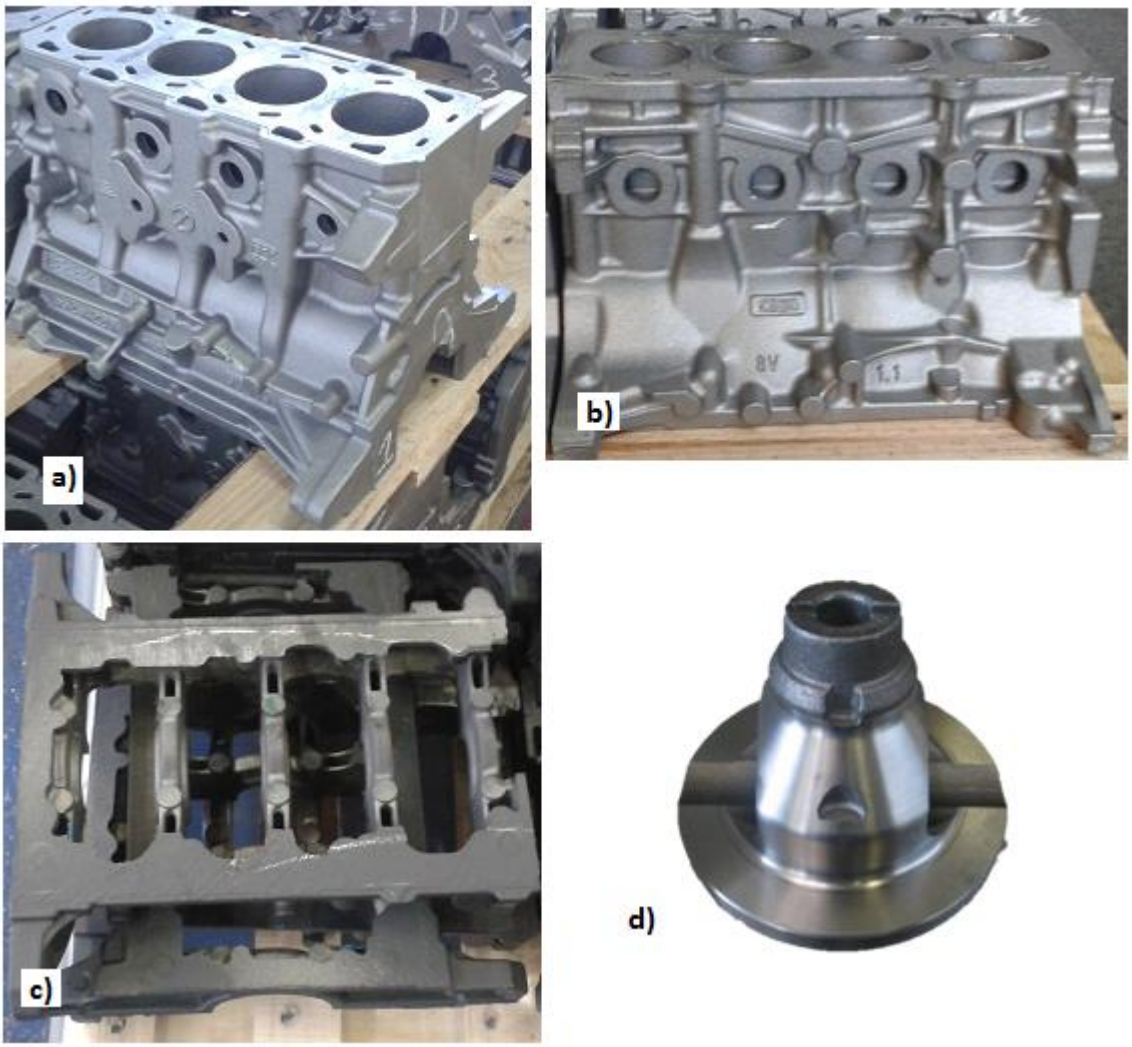

Figura 38 - Peças analisadas no presente estudo: a) cárter cilindro 650, b) cárter cilindro 621, c) cárter chapéu 779 e d) caixa de diferencial 128

O cálculo do custo de mão-de-obra baseou-se na medição do tempo despendido nas inspeções da qualidade. Para o cálculo foi fundamental analisar os planos de inspeção das peças para conhecer o local e a frequência de inspeção.

4.4.1. Análise de custos da inspeção na fusão

Neste setor da fábrica os controlos que implicam mão-de-obra são:

- Medição da temperatura do metal no forno antes do vazamento para a colher;
- Análise química do banho metálico do forno;
- Medição da temperatura de início de vazamento da colher;
- Verificação da quantidade de inoculante adicionado ao banho metálico;
- Análise química do banho na colher.

Uma vez que as inspeções são feitas por fornada, ou por colher, para além de se medir o tempo de cada inspeção, foi necessário saber o número de moldações e, por sua

vez, o número de fornadas e colheres vazadas (ver esquema da figura 39 e tabela A em anexo).

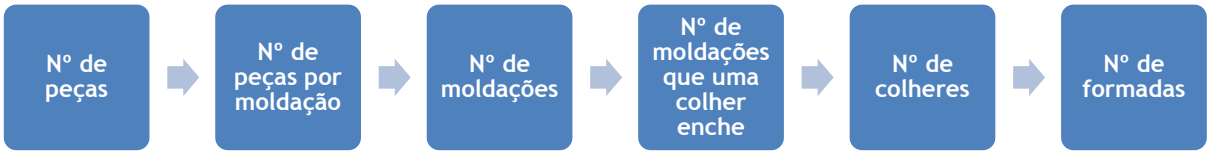

Figura 39 - Esquema do método para calcular o número de fornadas e de colheres necessárias para o número de peças em análise

Na tabela 4 e na figura 40 apresentam-se os custos da mão-de-obra das inspeções da qualidade na fusão.

Tabela 4 - Custo anual da mão-de-obra das inspeções da qualidade na fusão

Inspeção	Frequência	Custo Mão-de-obra (€)				Custo da mão-de-obra por inspeção (€)	Custo Mão-de-obra total (€)
		650	621	779	128		
Temp. da fornada	Todas as cargas	242	478	78	89	887 (∗)	52700
Análise química da fornada	Todas as cargas	6521	12900	2119	2407	23947 (∗)	
Temp. início de vazamento (colher)	2 em 2 colheres	205	406	67	76	754 (●/2)	
Verificação quantidade de inoculante	4 em 4 colheres	-	-	235	267	503 (●/4)	
Análise química da colher	Todas as colheres	7246	14334	2354	2674	26608 (●)	
Custo total por Ref. Peça		14214	28118	4854	5514		

Legenda da tabela 4:
∗ - Tempo inspeção x custo mão-de-obra x nº cargas;
● - Tempo inspeção x custo mão-de-obra x nº colheres.

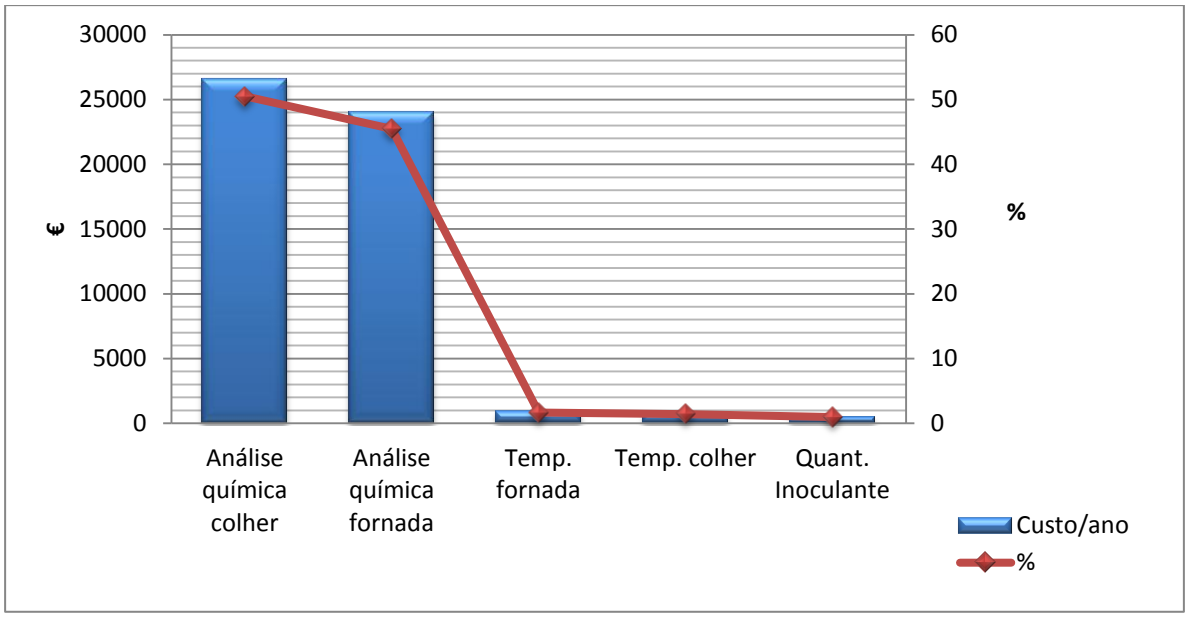

Figura 40 - Custo da mão-de-obra das inspeções da qualidade na fusão

É possível verificar, através da figura 40, que a inspeção da qualidade mais dispendiosa na fusão é a análise química do banho das colheres de vazamento. É importante referir que todas as inspeções da fusão são imprescindíveis, pois trata-se de uma inspeção preventiva, ou seja, garantem a obtenção de peças conformes. O custo da mão-de-obra das inspeções da qualidade na fusão é de 52700 €/ano para as quatro peças em análise.

4.4.2. Análise de custos da inspeção na moldação

Neste setor da fábrica as inspeções da qualidade que implicam mão-de-obra são:

- Medição da humidade e densidade a granel da areia de moldação à entrada do misturador (tapete 25) e medição da humidade, resistência ao corte, compactabilidade, temperatura e permeabilidade da areia à entrada da máquina de moldar (tapete 1);
- Medição da % bentonite e de % carbono;
- Determinação do rendimento do misturador;
- Medição de finos AFS;
- Medição da dureza da moldação;
- Inspeção visual da moldação;
- Análise microestrutural das peças em ferro fundido nodular (128). A recolha da amostra é feita na grelha de abate das moldações.

Para associar o custo de inspeção a cada referência de peça foi necessário calcular o número de moldações para cada referência (ver tabela B em anexo). Multiplicando o custo total pela percentagem de moldações obtém-se o custo por referência de peça. Foi

necessário considerar também o tempo de produção da máquina de moldar, para cada referência, e o número de dias de trabalho (ver legenda da tabela 5).

Na tabela 5 e figura 41 na apresentam-se os custos da mão-de-obra das inspeções da qualidade na moldação.

Tabela 5 - Custo anual da mão-de-obra das inspeções da qualidade na moldação

Inspeção	Frequência	Custo Mão-de-obra (€)				Custo da mão-de-obra por inspeção (€)	Custo mão-de-obra total (€)
		650	621	779	128		
Areia de Moldação Tapete 1 e Tapete 25	6 vezes por dia	1595	2777	544	854	5769 (6◆)	52609
Areia de Moldação (% bentonite)	2 vezes por dia	525	915	179	281	1901 (2◆)	
Areia de Moldação (% C)	2 vezes por dia	487	847	166	260	1760 (2◆)	
Rendimento Misturador	1 vez por semana	122	213	42	66	443 (■)	
Areia de moldação (Finos AFS)	3 vezes por semana	73	128	25	39	266 (3■)	
Medição dureza da moldação	1 em 1 h	245	453	89	120	908 (⊗)	
Inspeção visual	100%	9712	17926	3517	4748	35902 (☒)	
Análise microestrutural	1 vez por colher	-	-	-	5661	5661 (●)	
Custo total por Ref. Peça		12760	23259	4562	12029		

Legenda da tabela 5:

◆ - Tempo inspeção x custo mão-de-obra x nº dias x % moldações/100;

■ - Tempo inspeção x custo mão-de-obra x nº semanas trabalho x % moldações/100;

⊗ - Tempo inspeção x custo mão-de-obra x tempo abertura máq. moldar p/ cada referência/3600;

☒ - Custo mão-de-obra x tempo abertura máq. moldar p/ cada referência;

● - Tempo inspeção x custo mão-de-obra x nº colheres.

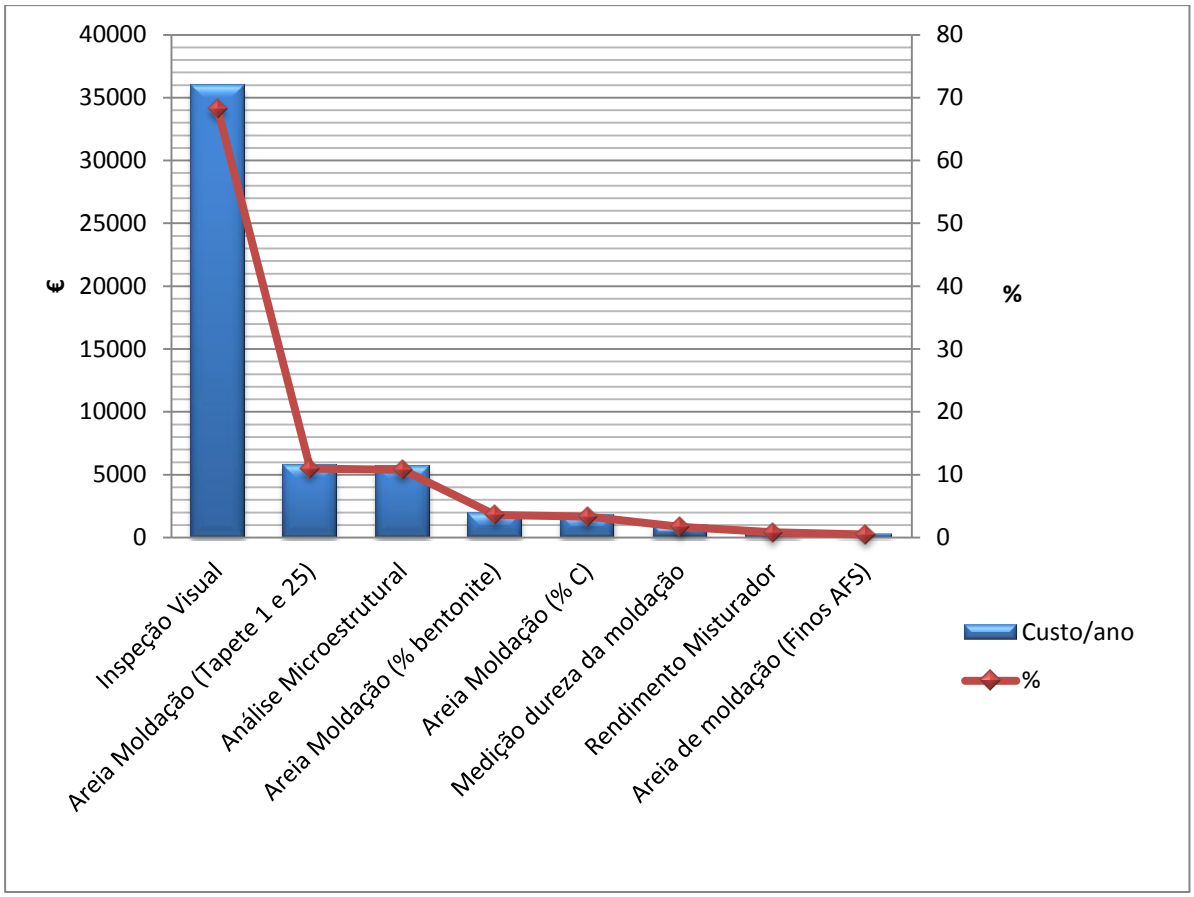

Figura 41 - Custo da mão-de-obra das inspeções da qualidade na moldação

O custo mais elevado refere-se à inspeção visual das moldações. Essa inspeção é feita a 100 %, sendo importante pois previne defeitos nas peças vazadas. O custo da mão-de-obra das inspeções da qualidade da moldação é de 52609 €/ano para as quatro peças em análise.

4.4.3. Análise de custos da inspeção na macharia

Neste setor da fábrica as inspeções que implicam mão-de-obra são:

- Medição do débito de areia branca no silo;
- Medição da dosagem de resina nos misturadores;
- Medição da resistência à flexão dos machos;
- Medição do binário de aperto;
- Medição da densidade da tinta de machos (baumé/massa volúmica);
- Verificação da lavagem das ferramentas de machos;
- Verificação da dosagem de resina;
- Medição das perdas ao fogo da areia de macho;
- Medição do tempo de mistura da areia de machos com a resina;
- Verificação ensaio de resistência à flexão dos machos;
- Verificação do binário de aperto dos machos;

- Verificação da densidade da tinta de machos (baumé/massa volúmica);
- Medição do tempo de imersão dos machos nas tinas de pintura;
- Verificação dos parâmetros das estufas e do estado de pintura dos machos;
- Medição da humidade dos machos;
- Inspeção visual de machos;
- Verificação dos parâmetros das máquinas injetoras.

A análise dos custos foi difícil uma vez que as peças em estudo possuem mais do que um macho, produzidos em diferentes máquinas, com exceção da referência 128. Para calcular os custos por referência foi necessário determinar os respetivos tempos de produção (das máquinas injetoras/estufas e da mistura das cargas de areia) (ver esquemas da figura 42 e tabelas C e D em anexo). Essas percentagens, multiplicadas pelo custo total, permite obter o custo por referência de peça (ver legenda da tabela 6).

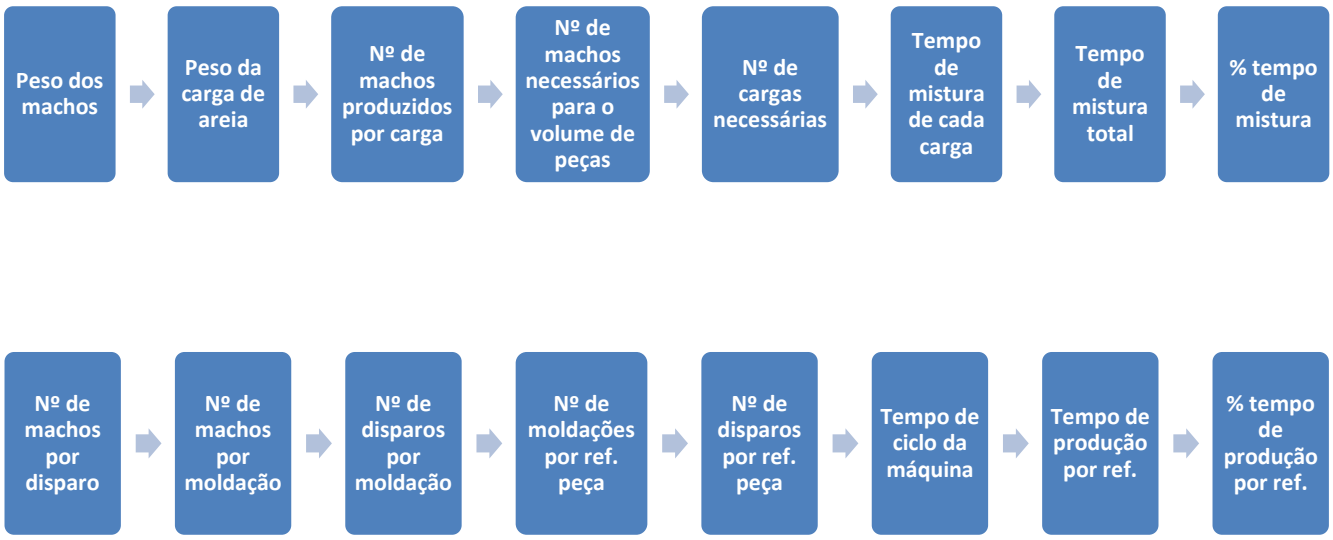

Figura 42 - Esquemas representativos dos métodos usados para calcular a % de tempo de mistura das cargas de areia de macho e a % de tempo de produção por referência de macho

Na tabela 6 e figura 43 apresentam-se os custos da mão-de-obra das inspeções da qualidade na macharia.

Tabela 6 - Custo anual da mão-de-obra das inspeções da qualidade na macharia

Inspeção	Frequência	Custo Mão-de-obra (€)				Custo da mão-de-obra por controlo (€)	Custo Mão-de-obra total(€)
		650	621	779	128		
Medição da dosagem de areia branca	3 em 3 meses	9	22	5	1	38 (❖)	29447
Medição da dosagem resina	1 vez/ misturador/ equipa	1357	1478	2583	57	5476 (❍)	
Medição da resistência à flexão	1 vez/ misturador/ equipa/ leito	306	777	1358	30	2472 (★)	
Medição do binário	Início turno/prod	244	426	200	-	870 (◘)	
Medição da densidade tinta (baumé)	Início da produção e 1 em 1 hora	2893	5326	624	-	8843 (⬟)	
Medição da densidade tinta (massa volúmica)	Início da produção e 2 em 2 horas	768	-	-	866	1634 (⬟/2)	
Verificação da lavagem das ferramentas	1 vez por dia	42	106	25	6	179 (✚)	
Verificação da dosagem resina	1 vez por semana/ misturador	27	69	8	4	107 (❋)	
Medição perdas ao fogo	Semanal/Misturador /equipa	344	873	64	34	1315 (◈)	
Medição tempo de mistura	1 vez por mês	8	14	3	0,23	25 (◊)	
Verificação da resistência à flexão	1 vez por inspetor com rotação de misturador	68	173	41	5	287 (◡)	
Verificação do binário	1 vez por inspetor	81	284	134	-	499 (☾)	
Verificação da densidade da tinta (Baumé)	1 vez por inspetor	263	484	83	-	830 (☾)	
Verificação da densidade da tinta (massa volúmica)	1 vez por inspetor	144	-	-	157	302 (☾)	
Medição tempo de imersão	mensal/ tina/ tinta	80	20	5	5	110 (✕)	
Inspeção Estufas/Pintura	1 vez por semana/ ref. macho	1243	622	311	311	2486 (◖)	
Medição da humidade dos machos	semanal/ ref. Macho	509	254	127	127	1018 (◗)	
Inspeção visual	1 vez por dia com rotação de ref. de machos	88	307	25	84	504 (▣)	
Inspeção máquinas injetoras	1 vez por semana/ ref. macho	1178	796	315	162	2452 (◓)	
Custo total por Ref. Peça		9652	12033	5911	1851		

Legenda da tabela 6:

❖ - Tempo inspeção x custo mão-de-obra x 4 x % tempo mistura/100;

⭘ - Tempo inspeção x custo mão-de-obra x nº equipas x nº misturadores x nº dias x % tempo mistura/100;

★ - Tempo inspeção x custo mão-de-obra x nº equipas x nº misturadores x nº leitos x nº dias trabalho x % tempo mistura/100;

◘ - Tempo inspeção x custo mão-de-obra x nº equipas x nº dias x % tempo de produção/100;

⬟ - Tempo inspeção x custo mão-de-obra x 22 horas x nº dias x % tempo produção/100;

✚ - Tempo inspeção x custo mão-de-obra x nº dias x % tempo mistura/100;

❋ - Tempo inspeção x custo mão-de-obra x nº semanas x nº misturadores x % tempo mistura/100;

◈ - Tempo inspeção x custo mão-de-obra x nº equipas x nº semanas x nº misturadores x % tempo mistura/100;

◊ - Tempo inspeção x custo mão-de-obra x nº meses x % tempo mistura/100;

◡ - Tempo inspeção x custo mão-de-obra x nº inspetores x nº dias trabalho x % tempo produção/100;

☾ - Tempo inspeção x custo mão-de-obra x nº inspetores x nº dias de trabalho x % tempo produção/100;

✕- Tempo inspeção x custo mão-de-obra x nº meses;

◖ - Tempo inspeção x custo mão-de-obra x nº semanas;

◗- Tempo inspeção x custo mão-de-obra x nº semanas x nº ref. macho;

▣ - Tempo inspeção x custo mão-de-obra x nº dias x % peças/100;

◓ - Tempo inspeção x custo mão-de-obra x nº semanas x % tempo de produção/100.

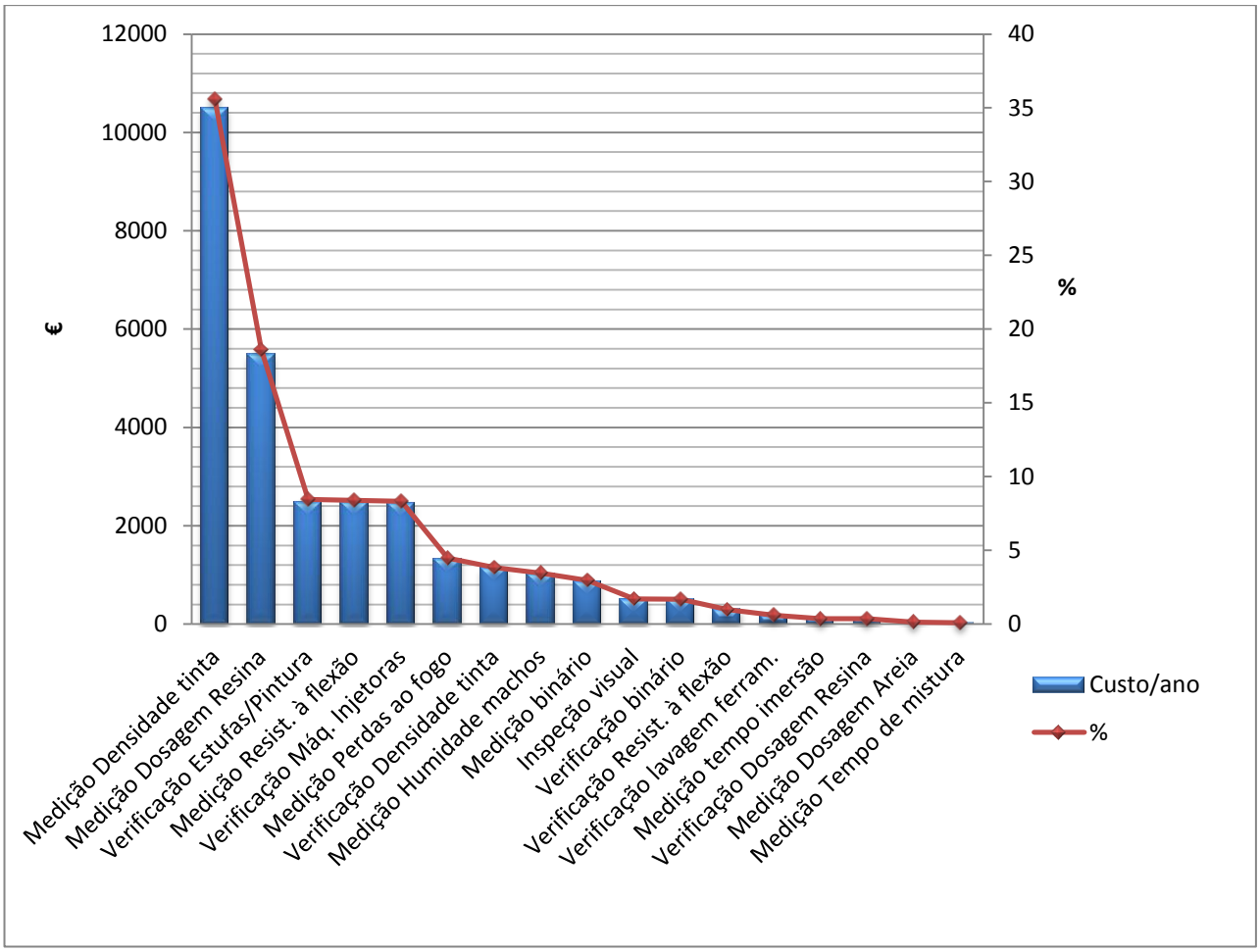

Figura 43 - Custo da mão-de-obra das inspeções da qualidade na macharia

Constata-se que a inspeção mais dispendiosa consiste na medição da densidade da tinta de machos, devendo-se ao facto de ser feito manualmente pelo operador e ao elevado número de tinas existentes. O custo total da mão-de-obra das inspeções da qualidade neste setor é de 29447 €/ano para as quatro peças em análise.

4.4.4. Análise de custos da inspeção nos acabamentos

Neste setor da fábrica as inspeções que implicam mão-de-obra são:

- Ensaio não destrutivo com líquido fluorescente;
- Verificação da altura da rebarba;
- Inspeção visual e com calibres nas linhas de acabamento manual;
- Ensaio da lima para deteção de cementite;
- Ensaio de dureza;
- Pesagem das peças;
- Ensaio não-destrutivo por ultrassons;
- Ensaio de Raio-X;
- Medição da espessura das paredes das peças;

- Medição dimensional 3D (antes e depois da pré-maquinação);
- Traçagem;
- Análise microestrutural;
- Ensaio de tração (corte + execução do provete + ensaio);
- Preparação das peças para nevoeiro salino;
- Ensaio de aderência da tinta;
- Medição da espessura da tinta;
- Medição da viscosidade da tinta na pintura manual;
- Ensaio não-destrutivo líquidos penetrantes;
- Pesagem de granalha retida nas peças no fim da linha;
- Medição dimensional em linha;
- Inspeção visual (operador da fabricação e inspetores da qualidade);
- Inspeção feita pelos inspetores da qualidade por lote de vazamento.

As inspeções neste setor da fábrica são feitas, por lote de vazamento, por hora ou por turno, e portanto os custos foram calculados tendo em conta o número de lotes de vazamento necessários para o volume de peças considerado e a quantidade de peças acabadas na linha (ver tabela E em anexo).

Na tabela 7 e na figura 44 apresentam-se os custos da mão-de-obra das inspeções da qualidade neste setor.

Tabela 7 - Custo anual da mão-de-obra das inspeções da qualidade nos acabamentos

Inspeção	650		621		779		128		Custo da mão-de-obra por inspeção (€)	Custo Mão-de-obra total (€)
	Frequência	Custo mão-de-obra (€)	Frequência	Custo mão-de-obra (€)	Frequência	Custo mão-de-obra (€)	Frequência	Custo mão-de-obra (€)		
Ensaio não destrutivo líquidos fluorescentes	-	-	-	-	100 %	27028 (▯)	-	-	27028	
Medição da altura da rebarba	1 peça/ suporte, início e meio da produção/ ref./ turno	289 (2⦸)	1 peça/ suporte, início e meio da produção/ ref./ turno	1004 (2⦸)	1 peça/ suporte, início e meio da produção/ ref./ turno	130 (2⦸)	-	-	1423	
inspeção visual + calibres (linha)	100 %	14008 (▯)	100 %	21864 (▯)	100 %	32302 (▯)	-	-	68174	
Ensaio lima	10 peças/ lote produção	322 (10✪)	10 peças/ lote produção	466 (10✪)	-	-	-	-	788	
Ensaio dureza	5 peças/ lote produção	483 (5✪)	5 peças/ lote produção	699 (5✪)	5 peças/ lote produção	159 (5✪)	5 peças/ lote produção	172 (5✪)	1513	
Pesagem peças	5 peças/ semana	90 (5⛤)	5 peças/ semana	90 (5⛤)	5 peças/ semana	83 (5⛤)	5 peças/ mês	21 (5⚲)	284	
Ensaio ultrassons	primeiras 50 peças/ lote produção	5791 (50✪)	-	-	-	-	-	-	5791	
Ensaio Raio-X	1 moldação/ mês	198 (⚲)	1 moldação/ mês	267 (⚲)	1 peça/ modelo/ lote produção	489 (☽)	4 peças/ lote produção	593 (4✪)	1546	171326
Medição espessuras da peça	2 peças/ modelo/ mês	93 (2⚲)	2 peças/ modelo/ mês	124 (2⚲)	1 peça/ modelo/ lote produção	477 (☽)	-	-	694	
Medição dimensional 3D	3 moldações/ falso-molde/ lote produção	1441 (⁂)	1 moldação/ falso-molde/ lote produção	4177 (⁂)	1 peça/ modelo/ lote produção	982 (☽)	4 peças/ lote produção	533 (4✪)	7133	
Medição dimensional 3D (após pré maquinação)	-	-	-	-	-	-	1 peça/ inicio de equipa/ torno	5501 (#)	5501	
Traçagem	-	-	-	-	-	-	8 peças/ lote produção	149 (8✪)	149	
Análise microestrutural	1 peça/ lote produção	823 (✪)	1 peça/ lote produção	1193 (✪)	1 peça/ lote produção	409 (✪)	-	-	2425	
									.../...	

Tabela 7 - Custo anual da mão-de-obra das inspeções da qualidade nos acabamentos (continuação)

Ensaio tração	1 provete/ semana	870 (⌧)	1 provete de 15 em 15 dias	435 (⌧/2)	1 provete/ semana	808 (⌧)	1 provete/ semana	932 (⌧)	3046
Preparação das peças para nevoeiro salino	Semestral	31 (⌘)	Semestral	31 (⌘)	Semestral	0,2 (⌘)	-	-	62
Ensaio aderência da tinta	Semestral	8 (⌘)	Semestral	8 (⌘)	-	-	-	-	16
Medição da espessura da tinta	2 em 2h (1 peça/ robô)	1776 (▲)	5 peças/ dia de pintura	933 (▼)	3 peças 2 vezes/ semana	608 (6⌧)	-	-	3317
Medição da viscosidade da tinta	-	-	-	-	Início de produção, mudança de equipa e tambor	487 (⊘)	-	-	487
Ensaio não destrutivo líquidos penetrantes	5 peças/ lote produção	804 (5✪)	5 peças/ lote produção	1166 (5✪)	-	-	-	-	1970
Pesagem do Resíduo	5 peças/ lote produção	861 (5✪)	5 peças por semana	333 (5⌧)	-	-	-	-	1193
Medição dimensional (linha)	-	-	-	-	-	-	100 %	28567 (▯)	28567
Inspeção visual (operador + inspetor)	2 vezes/ lote de produção	322 (2✪)	2 vezes/ lote de produção	466 (2✪)	2 vezes/ lote de produção	199 (2✪)	2 vezes/ lote de produção	216 (2✪)	1202
Inspeção por lote de produção	1 vez por lote de produção	2413 (✪)	1 vez por lote de produção	3497 (✪)	1 vez por lote de produção	1490 (✪)	1 vez por lote de produção	1616 (✪)	9016
Custo total por Ref. Peça	**30621**		**36754**		**67240**		**38301**		

Legenda da tabela 7:

▯ - Tempo inspeção x custo mão-de-obra x nº peças;

⊘ - Tempo inspeção x custo mão-de-obra x nº equipas x nº dias x % peças na linha/100;

✪ - Tempo inspeção x custo mão-de-obra x nº lotes produção;

⌧ - Tempo inspeção x custo mão-de-obra x nº semanas

⮟ - Tempo inspeção x custo mão-de-obra x nº meses

☽ - Tempo inspeção x custo mão-de-obra x nº lotes de produção x nº modelos;

⁂ - Tempo inspeção x custo mão-de-obra x nº modelos x nº falsos-moldes x nº lotes de produção;

- Tempo inspeção x custo mão-de-obra x nº equipas x nº tornos x nº dias;

⌘ - Tempo inspeção x custo mão-de-obra x nº semestres;

▲ - Tempo inspeção x custo mão-de-obra x nº robôs x horas de trabalho diárias x % peças linha/100;

▼ - Tempo inspeção x custo mão-de-obra x 5 x % peças linha/100.

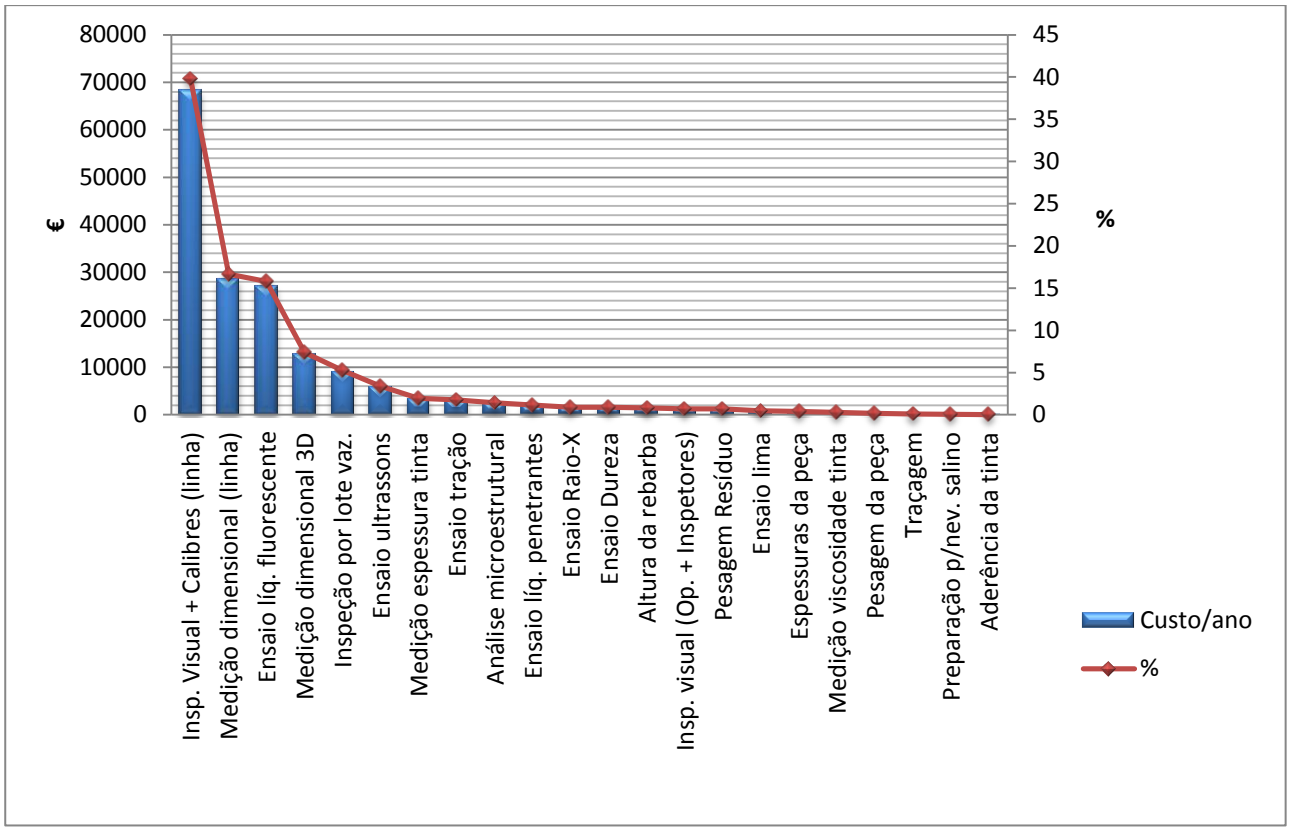

Figura 44 - Custo da mão-de-obra das inspeções da qualidade nos acabamentos

É possível verificar que a inspeção mais dispendiosa é a que se realiza nas linhas de acabamento. O setor de acabamentos apresenta um custo de 171326 €/ano para as quatro peças em estudo, sendo o mais dispendioso de todos.

4.4.5. Análise global

O custo total da mão-de-obra utilizada nas inspeções da qualidade por secção pode ser analisado na figura 45, destacando-se a secção dos acabamentos (56 % do custo total). Verifica-se que a empresa aposta no controlo do processo, no entanto, o controlo nos acabamentos (fim de linha) é muito expressivo em número de horas necessárias para realizar as inspeções (ver gráfico da figura 45). O custo total é de 307672 €/ano para as quatro peças em análise.

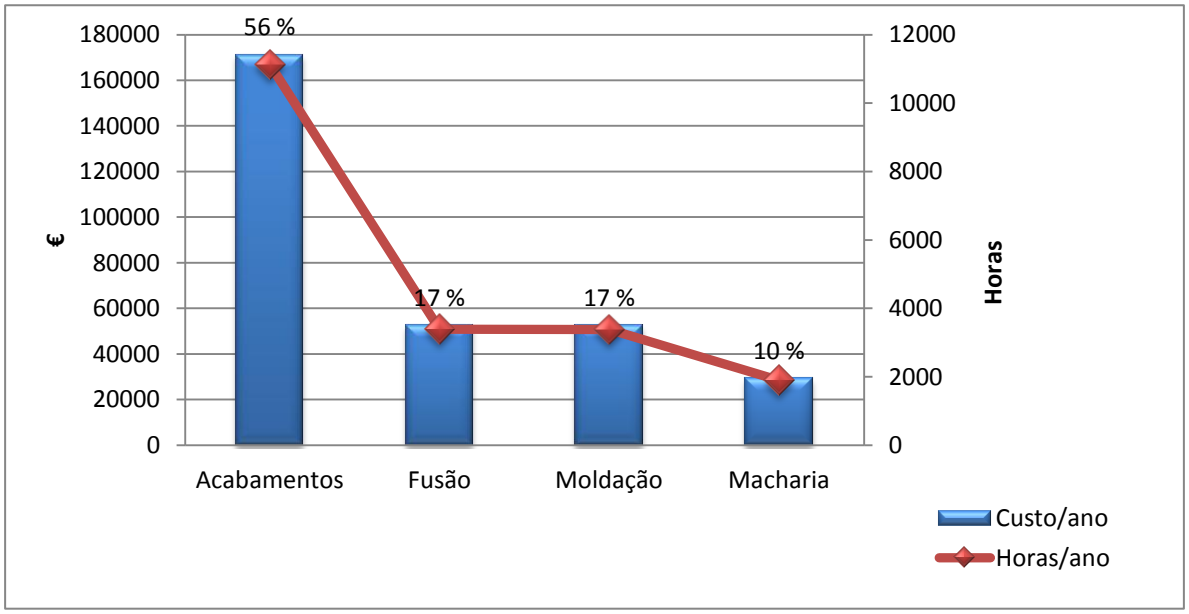

Figura 45 - Custo da mão-de-obra das inspeções da qualidade e número de horas por ano para cada setor da fábrica

O gráfico da figura 46 mostra o custo das inspeções da qualidade por tonelada vazada, para as quatro referências em estudo.

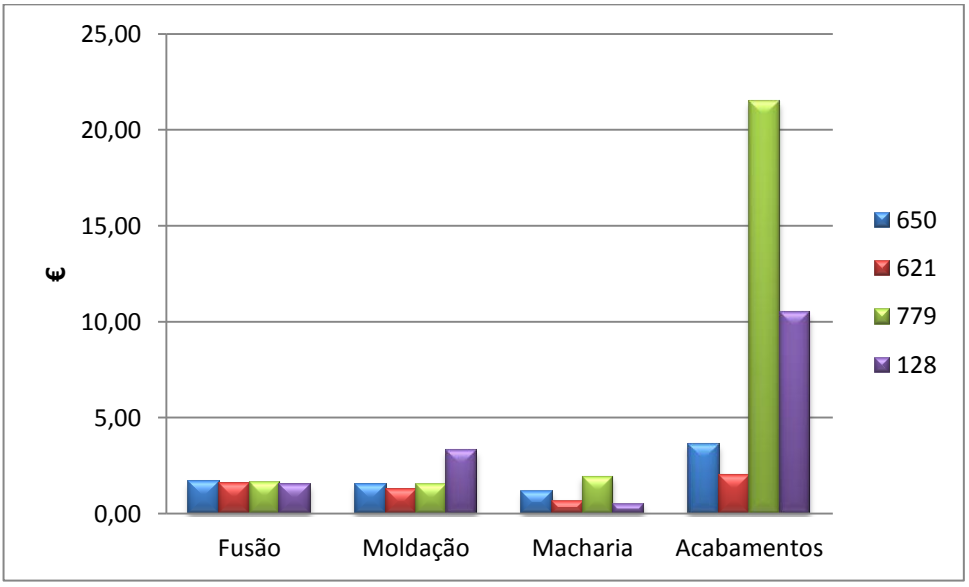

Figura 46 - Custo por tonelada vazada

Na fusão o custo é equivalente para todas as referências pois as inspeções são independentes do tipo de peça que se está a fabricar. Na moldação destaca-se a peça 128, dado que possui uma inspeção específica (análise da microestrutura). Na macharia a variação é notável entre as peças, destacando-se a 779 que possui os machos mais pesados por moldação e por isso apresenta um maior custo por tonelada nas inspeções da medição da dosagem de resina e na medição da resistência à flexão dos machos, segue-se a 650 que, por ter o maior número de referências de machos, é mais dispendiosa nas inspeções

das máquinas injetoras e inspeções das estufas. Nos acabamentos destaca-se a peça 779 devido à inspeção específica desta peça com líquidos fluorescentes, seguindo-se a 128 devido à inspeção dimensional em linha específica para esta peça. A 650 destaca-se da 621 porque exige um ensaio não destrutivo por ultrassons.

4.4.6. Sugestões de melhoria

A análise de custos das inspeções da qualidade permitiu identificar as inspeções mais dispendiosas ao nível de mão-de-obra e, para além disso, as inspeções que poderiam ser melhoradas de modo a tornar o processo mais capaz. Este aspeto é importante pois a empresa poderá reduzir as inspeções do produto final se aumentar a capacidade do processo de fabrico.

Fusão

Neste setor, não se justifica qualquer tipo de alteração. As análises da composição química, tanto das fornadas como das colheres, apesar de serem inspeções dispendiosas, são indispensáveis.

Moldação

Na tabela 8 apresentam-se a situação atual de inspeção da areia de moldação e propostas de instalação de equipamentos que permitem inspecionar de forma automática e contínua, alguns parâmetros da areia de moldação antes de entrar na máquina de moldar.

Tabela 8 - Inspeções realizadas à areia de moldação (situação atual) e melhorias propostas

Características da areia de moldação	Situação atual			Melhorias propostas			
				Equipamentos			
	Local	Modo de inspeção	Frequência	Sonda	*Green Sand Expert* ETA3500	*Simpson+Hartley® Online Control & Automation System*	*Controllo automatico terre GSC (Belloi & Romagnoli)*
Temperatura	Antes do misturador	Automático (sonda)	Em contínuo				
Humidade		Automático (sonda)	Em contínuo				
		Operador (laboratório)	2 em 2 horas				
Compactabilidade		Automático (ROTOCONTROL)	Em contínuo				
Densidade a granel		Operador (laboratório)	2 em 2 horas				
Temperatura	Antes da máquina de moldar	Operador (laboratório)	2 em 2 horas	✓			✓
Humidade				✓	✓		✓
Resistência ao corte					✓	✓	
Compactabilidade					✓	✓	✓
Permeabilidade					✓		

Entre os equipamentos apresentados na tabela 8, a empresa poderia optar por qualquer um dos equipamentos apresentados ou conjugar dois equipamentos (sonda + equipamento de controlo automático de areia). Estes equipamentos permitiriam reduzir o custo da mão-de-obra das inspeções (exceto se optarem apenas pela sonda) e atuar em tempo real, evitando a utilização de areia não conforme e consequentemente evitar a produção de peças não conformes. Esta solução implicaria criar uma forma de desviar areia não conforme e de a voltar a introduzir no circuito.

Macharia

Na tabela 9 apresenta-se a situação atual de inspeção da medição da densidade da tinta de macho, medição da dosagem de resina e medição da dosagem de areia.

Tabela 9 – Inspeções no fabrico e pintura de machos (situação atual) e melhorias propostas

Inspeção		Situação atual		Melhoria proposta			
		Modo de inspeção	Frequência	Células de carga	Caudalímetro electromagnético	*Opti-color viscosity control (OBD Sensor + Multi/ Junior VC)*	*Density Sentinel*
Medição da dosagem de areia	Pesagem da carga de areia	Automático (balança)	Em contínuo (sem registo)	Medição por Flexão			
		Operador	3 em 3 meses				
Medição da densidade da tinta	Densímetro	Operador	1 em 1 hora			Medição contínua da viscosidade e ajuste automático através da adição de água	Medição contínua da viscosidade; possui alertas visuais e sonoros que são ativados se a viscosidade não estiver conforme
	Massa Volúmica	Operador	2 em 2 horas				
Medição da dosagem de resina	Volume de resina injetada	Automático (sensores de nível)	Em contínuo (sem registo)		✓		
	Pressão de injeção	Automático (medidor de pressão)	Em contínuo (sem registo)				
	Pesagem da resina injetada (operador)	Operador	1 vez/ misturador/ equipa	Medição por Compressão			

A quantidade de areia de cada *batch* é um dos aspetos fundamentais para obtenção de uma boa mistura entre a areia e a resina. Na figura 47 apresenta-se o sistema de pesagem da areia, que consiste numa balança de alta incerteza. Quando a carga atinge o peso desejado é ativado um sensor que dá a ordem de abertura do silo, fazendo a descarga para o misturador. Para tornar a pesagem de areia mais correta seria necessário aplicar células de carga que medem a força por flexão, permitindo fazer pesagens mais corretas e um registo automático.

Figura 47 – Sistema atual de pesagem incorporado no silo de areia de macho

Na tabela 9 apresentam-se dois equipamentos de medição da densidade da tinta, adequados para macharia. Com estes equipamentos o processo seria controlado de forma mais eficaz e continuamente, evitando o uso de tinta não-conforme.

No que diz respeito à dosagem de resina no misturador, esta é realizada a partir de um reservatório que possui sensores de nível. No entanto, verificam-se alguns problemas como:

- a resina é injetada, permitindo a entrada de ar nas tubagens;
- o caminho percorrido pela resina é longo, havendo perda de pressão e podendo ficar resina na tubagem (o que causa défice de resina no misturador);
- os sensores possuem um erro associado elevado (15 mm de altura)

Para melhorar o processo seria necessário fazer algumas alterações:

- não injetar a resina na sua totalidade, ficando a tubagem em carga;

- alterar a tubagem de forma a conhecer o volume de resina retido (criar um desnível), permitindo saber a quantidade de resina que se tem de injetar na carga seguinte;
- desacoplar os recipientes de resina e instalar células de carga (medição por compressão) para controlar o peso da carga injetada (método mais preciso do que os sensores usados atualmente).

Desta forma, a qualidade do processo aumentaria e a frequência dos controlos, realizados pelo operador, poderia ser reduzida, mantendo-se a leitura dos valores indicados pelos equipamentos.

Outra solução mais simples e económica seria a aplicação de um medidor de caudal o mais próximo possível do misturador (por exemplo: caudalímetro electromagnético, apropriado para resinas sintéticas), permitindo assim verificar a quantidade de resina injetada. Neste caso, seria necessário verificar se a incerteza do equipamento é adequada ao processo produtivo da Funfrap.

Acabamentos

Para melhorar as inspeções realizadas neste setor, teriam de ser feitos investimentos mais elevados. Por exemplo, apostar no controlo por visão artificial. Esta solução, para além de ser muito dispendiosa, implicaria alterações significativas no *layout* das linhas de acabamento.

5. Conclusões

Através do desenvolvimento deste trabalho foi possível concluir:

- A metodologia *8 stages of incoming material:*
    - Não discrimina com clareza os critérios de avaliação dos fornecedores;
    - Não se adapta a todo o tipo de matérias-primas (ex. sucata);
    - Exige tempo de implementação e colaboração por parte dos fornecedores;
- Para melhorar a avaliação dos fornecedores é necessário que a empresa distinga os produtos recebidos em cada entrega e identifique os produtos não-conformes;
- O setor que apresenta custos de inspeção mais elevados é o dos acabamentos (mais de 50 % do custo total) seguindo-se a fusão e moldação (cada um com 17 % do custo total) e por fim a macharia (10 % do custo total). Estes resultados mostram que a Funfrap pode melhorar o controlo do processo de forma a reduzir as inspeções realizadas ao produto final;
- Quando existe um número elevado de variáveis que afetam a qualidade dos produtos, torna-se muito difícil alcançar "zero defeitos".

Bibliografia

Borges, R. C., De Oliveira, E. H., De Oliveira, A. S. "ESTUDO DA IMPLANTAÇÃO DO PILAR CONTROLE DA QUALIDADE DA METODOLOGIA WORLD CLASS MANUFACTURING (WCM) EM UMA EMPRESA DO SETOR AUTOMOTIVO NO SUL DE MINAS GERAIS." *SIMPOI*. 2013.

De Faria, A. C., Vieira, V. S., & Peretti, L. C. "REDUÇÃO DE CUSTOS SOB A ÓTICA DA MANUFATURA ENXUTA EM EMPRESA DE AUTOPEÇAS." *Revista Gestão Industrial, Vol. 8 No. 2*, 2012: 186 - 208.

De Felice, F., Petrillo, A. e Monfreda, S. "Improvem Operations Performance with World Class Manufacturing Technique: A Case in Automotive Industry." *Intech*, 2013.

Djokic, I. "QUALITY AND WORLD CLASS MANUFACTURING." *7th International Quality Conference*. Center for Quality, Faculty of Engineering, University of Kragujevac, 2013. 483 - 488.

Fekete, M. "WORLD CLASS MANUFACTURING – THE CONCEPT FOR PERFORMANCE INCREASEMENT AND KNOWLEDGE ACQUISITION." *Acedido em: http://www.tvp.zcu.cz/cd/2013/PDF_sbornik/11.pdf*.

Funfrap. "QC OF INCOMING MATERIAL." Documento não publicado.

Funfrap. "WCM Quality Control - Introdução." Documento não publicado.

Gajdzik, B. "World class manufacturing in metallurgical enterprise." *Metalurgija, Vol. 52 No.1*, 2013: 131 - 134.

Hendry, L. C. " Applying world class manufacturing to make-to-order companies: problems and solutions." *International Journal of Operations & Production Management, 18(11)*, 1998: 1086 - 1100.

Jazayeri, M., & Hopper, T. "Management accounting within world class manufacturing: a case study." *Management Accounting Research, Vol. 10(3)*, 1999: 263-301.

Lind, J. "Control in world class manufacturing—a longitudinal case study." *Management Accounting Research, Vol. 12(1)*, 2001: 41-74.

Mey, J. H. P. "The impact of implementing world class manufacturing on company performance: a case study of the ArcelorMittal South Africa Saldanha Works Business Unit." Dissertação de doutoramento, Stellenbosch University, 2011.

Mindor, K. "World Class Manufacturing – characteristcs and implementation in an automotive enteprise." *Zeszyty Naukowe/Akademia Morska w Szczecinie*, 2012: 42 - 47.

Miranda, A., Ribeiro, L. "Investir na melhoria contínua para ganhar competitividade." *Fundição*, 2014: 48 - 53.

Morici, M. A. "Eliminación de Pérdidas y Derroches en Línea de Revestimiento de Cabinas mediante metodología World Class Manufacturing en IVECO SA." Dissertação, Escuela de Ingeniería Industrial , 2013.

Murino T., Naviglio G., Romano E. “"A world class manufacturing implementation model." .” *Applied mathematics in electrical and computer engineering*, 2012: 371-376.

Netland, T. *The World Class Manufacturing programme at Chrysler, Fiat & Co.* 22 de Maio de 2013. http://better-operations.com/2013/05/22/world-class-manufacturing-at-chrysler-and-fiat/ (acedido em Dezembro de 2013).

Nunes, P. “WCM Audit Quality Control.” Documento não publicado, 2013.

Palucha, K. “World Class Manufacturing model in production management.” *Archives of Materials Science and Engineering Vol 58*, 2012: 227-234.

Partyka, J. “WORLD CLASS MANUFACTURING AS A PRODUCTION MANAGEMENT SYSTEM IN THE CERAMIC INDUSTRY.” *Qualicer*. 2008. 215 - 229.

Salaheldin, S. l., e Eid, R. “The implementation of world class manufacturing techniques in Egyptian manufacturing firms: an empirical study.” *Industrial Management & Data Systems Vol. 107*, 2007: 551 - 566.

Slavov, T. N. B., Faria, A. C. D., Di Serio, L. C., & Pereira, A. N. “Contabilidade Enxuta (Lean Accounting) na Indústria Automobilística: O Caso da FIAT.” *Gestão & Regionalidade, Vol. 29, No. 86*, 2013: 88 - 103.

Yamashina, H. http://wenku.baidu.com/view/1a69fbce5fbfc77da269b195.html (acedido em Janeiro de 2014).

Yamashina, H. “Challenge to world-class manufacturing.” *International Journal of Quality and Reliability Management. Vol. 17 No.2*, 2002: 132 - 143.

Zimwara, D., Goriwondo, W. M., Mhlanga, S., Chasara, S., Chuma, T., Gwatidzo, O., & Sarema, B. “ World Class Manufacturing status Assessment for a Margarine Producing Company in Zimbabwe.” *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering Vol.2*, 2012: 52-57.

Anexos

Tabela A – Dados para o cálculo dos custos da mão-de-obra da inspeção da qualidade na fusão

Ref. Peça	Nº Peças	Nº peças/ moldação	Nº moldações	Nº Moldações por colher	Nº de colheres	Nº de fornadas
650	111902	2	55951	10	5595	2798
621	389616	4	97404	8,8	11069	5534
779	152715	8	19089,4	10,5	1818	909,0
128	509072	17	29945,4	14,5	2065	1033

Tabela B – Dados para o cálculo dos custos da mão-de-obra da inspeção da qualidade na moldação

Referência da Peça	Nº Moldações	%
650	5595	16,4
621	97404	28,6
779	19089	5,6
128	29945	8,8
Total de moldações 2013	341009	100

Tabela C – Cálculo da percentagem do tempo de produção das máquinas injetoras da macharia

Ref. Peça	Máquina	Nome do macho	Nº Machos/ disparo	Nº de machos/ moldação	Disparos/ moldação	Nº de moldações	Nº total de machos	Nº total de disparos	Tempo de um disparo (min)	Tempo total Produção (min)	% Tempo produção
650	H80	Cilindros (conj)	1	1	1,0	55951	55951	55951	1,32	7387	24,4
	Maq. 1	Galete	4	2	0,5		111902	27976	1,10	30673	10,1
	P40-1	Camisa + Tecto	2	2	1,0		46340	23170	1,22	28162	9,3
	P40-2						65562	32781	1,31	43034	14,2
	H25	RO2	3	2	0,7		111902	37301	1,56	58329	19,3
		RO3	3	2	0,7		111902	37301	1,53	57219	18,9
621	H80	Cilindros (conj)	2	2	1,0	97404	194808	97404	1,33	129308	42,8
	Maq. 1	CBS + CBI	2	4	2,0		389616	194808	1,11	216453	71,6
	P40-1	Camisa + Tecto	2	4	2,0		227629	113814	1,13	129172	42,7
	P40-2						161987	80994	1,25	101632	33,6
779	Maq. 1	Galete + Macho filtro	2	4	2,0	19089	76357,5	38179	1,06	40511	13,4
	Maq. 0	Tampas + Linhas de cambota + Retorno de óleo	2	8	4,0		152715	76358	0,86	65693	21,7
128	Maq. 8	Corpo	16	17	1,1	29945	509072	31817	2,27	72270	23,9

Tabela D - Cálculo da percentagem do tempo de mistura das cargas de areia da macharia

Ref. Peça	Máquina	Nome do macho	Peso do macho (Kg)	Peso da Carga de areia (Kg)	Nº machos/ carga	Nº total de cargas	Tempo de mistura/ carga (min)	Tempo total mistura cargas (min)	Σ Tempo total de mistura das cargas (min)	% Tempo total mistura cargas
650	H80	Cilindros (conj)	39,5	506,9	12,8	4360	5,5	23979,8	42597,8	14,1
	Maq. 1	Galete	5,96	506,9	85,1	1316	5,5	7236,4		
	P40-1	Camisa + Tecto	3,8	91,465	24,1	1923	2	3845,7		
	P40-2		3,8	91,465	24,1	2724	2	5447,7		
	H25	RO2	0,48	101,6	211,7	529	1,5	793,0		
		RO3	0,84	254	302,4	370	3,5	1295,2		
621	H80	Cilindros (conj)	17,7	506,9	28,6	6802	5,5	37412,8	108250	35,8
	Maq. 1	CBS + CBI	9,3	506,9	54,5	7148	5,5	39315,2		
	P40-1	Camisa + Tecto	3,7	91,465	24,7	9208	2	18416,4		
	P40-2		3,7	91,465	24,7	6553	2	13105,6		
779	Maq. 1	Galete + Macho filtro	7,94	506,9	63,8	1196	5,5	6578,3	25789,5	8,5
	Maq. 0	Tampas + Linhas de cambota + Retorno de óleo	11,59	506,9	43,7	3493	5,5	19211,2		
128	Maq. 8	Corpo	0,9	254	282,2	1804	3,5	6313,3	6313,3	2,1

Tabela E – Dados para cálculos dos custos da mão-de-obra das inspeções da qualidade na secção dos acabamentos

Ref. Peça	Nº Peças	Nº lotes de produção	% Peças Linha de acabamentos cárteres cilindros	% Peças Linha de acabamentos cárteres chapéus
650	111902	124	22	-
621	389616	180	78	-
779	152715	77	-	37
128	509072	83	-	-